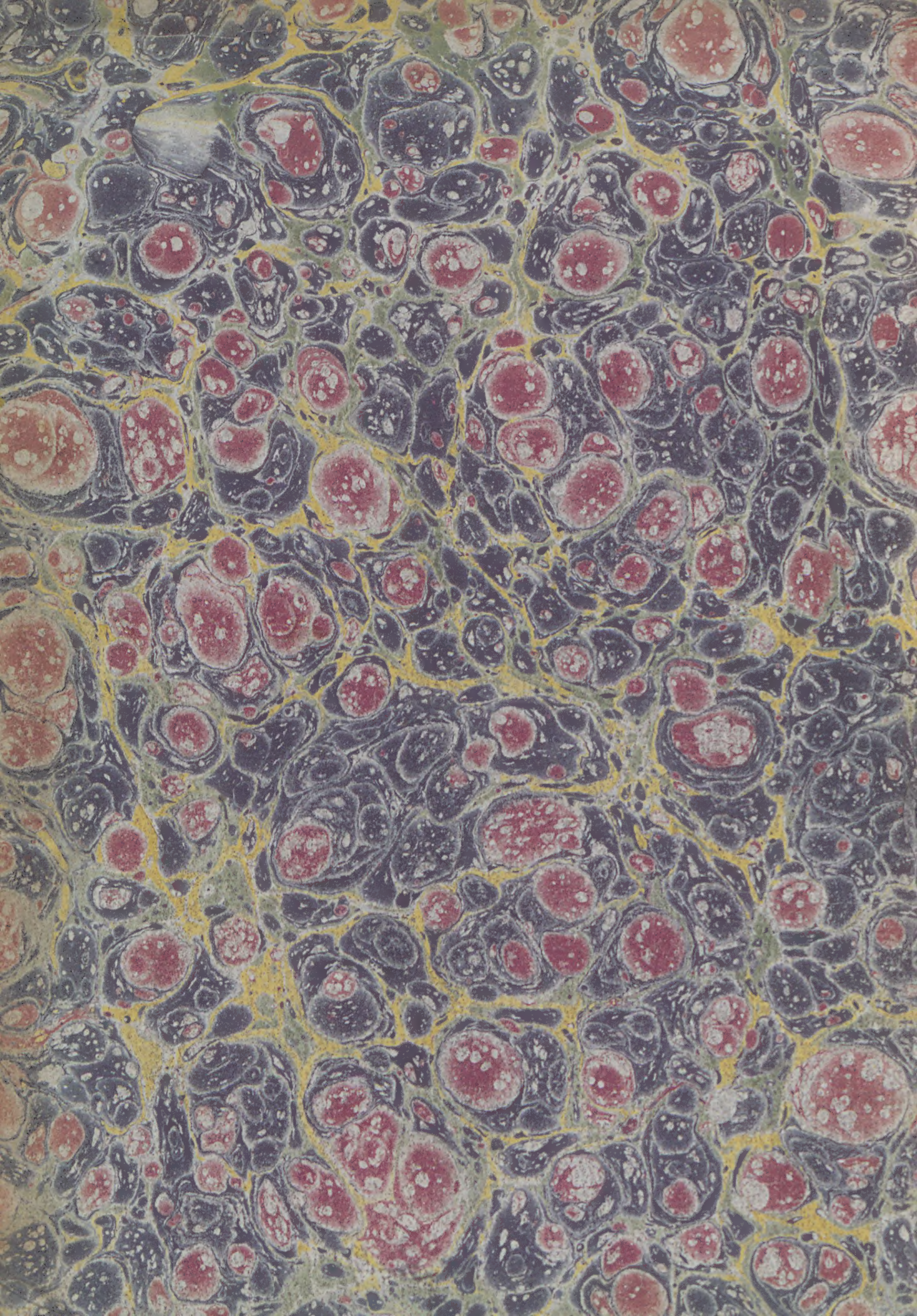
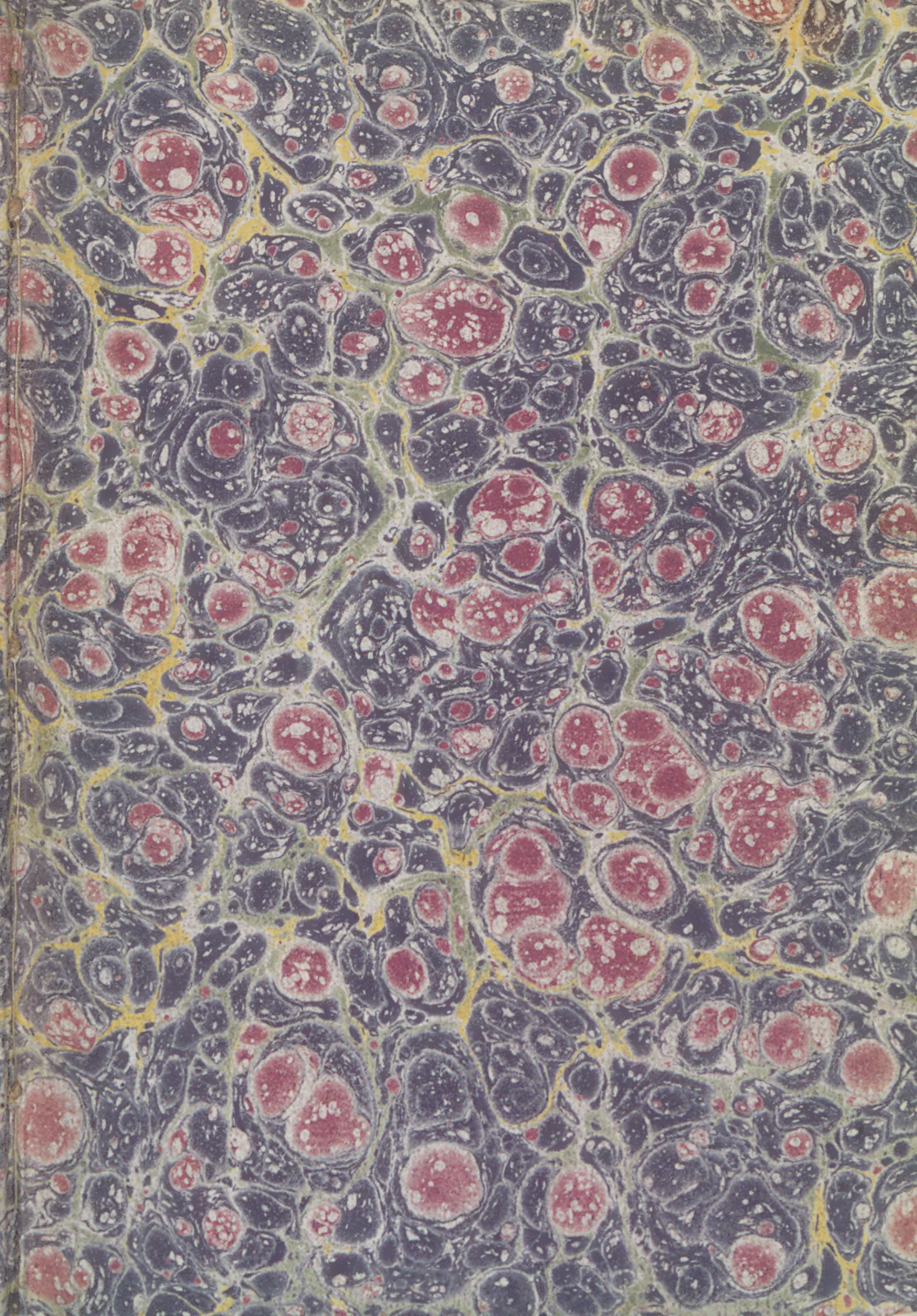
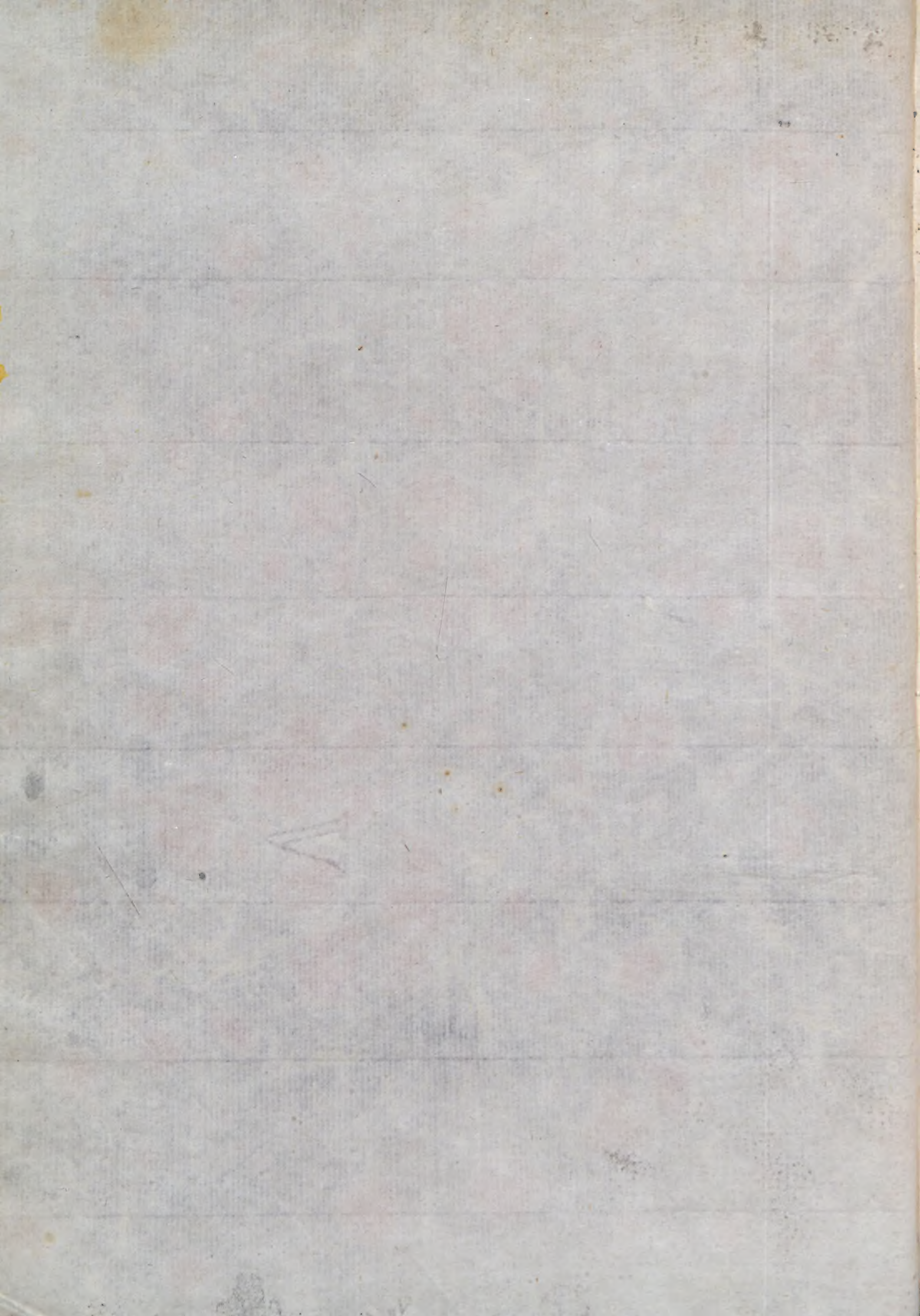








TRATADO DE FÍSICA

COMPLETO Y ELEMENTAL.

TRATADO DE FÍSICA

COMPLETO Y ELEMENTAL

PRESENTADO BAJO UN NUEVO ÓRDEN

CON LOS

DESCUBRIMIENTOS MODERNOS

POR ANTONIO LIBES.

TRADUCIDO DEL FRANCES AL ESPAÑOL

Por el Dr. en cirugia-médica, y médico D. PEDRO VIETA, catedrático perpetuo de Física de la Real Junta de Gobierno del Comercio de Cataluña, cirujano mayor del hospital militar de Barcelona, sócio de varias academias del reino y estrangeras, censor de la de ciencias naturales y artes de Barcelona, etc.

TERCERA EDICION.

TOM. II.

CON LICENCIA.

BARCELONA: EN LA IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJOS DE DON ANTONIO BRUSI.

1828.

TRATADO DE FÍSICA
COMPLETO Y ELEMENTAL.

LIBRO TERCERO.

CONTINUACION DE LA CUARTA PARTE,

LA QUE TRATA DE LA ATRACCION CONSIDERÁDA EN LAS MOLÉCULAS ELEMENTALES DE LOS CUERPOS.

CAPÍTULO VI.

DE LOS FENÓMENOS DE ATRACCION Ó DE REPULSION APARENTES QUE PRESENTAN CIERTOS CUERPOS FLUCTUANDO EN LA SUPERFICIE DE ALGUN FLUIDO.

641. *Primer esperimento.* Pónganse en la superficie del agua tranquila dos agujas muy finas; si estan colocadas á algunos decimetros de distancia mutua quedan en quietud; y no toman otro movimiento que el que pueden recibir por la agitacion del aire; pero si se colocan solo á algunos milimetros de distancia, y se abandonan á sí mismas, se ve que marchan la una hácia la otra, que se unen al principio por una estremidad, y sucesivamente por sus partes homólogas, de manera que no pueden separarse sin vencer una resistencia sensible. El mismo resultado tiene lugar en cuerpos ligeros, cualesquiera que sean, susceptibles de ser mojados por el líquido.

Muchos físicos refieren este fenómeno como una prueba nada equívoca de la existencia de la atraccion química, al paso que es fácil demostrar que las dos agujas no ejercen accion alguna entre sí; porque si en lugar de hacer nadar las agujas en la superficie del agua se colocan sobre un plano muy pulido, y aun mejor si se suspenden cada una en el estremo de un hilo largo, y en este estado se aproximan lentamente la una á la otra, por pequeña que sea su distancia respectiva, quedan en ella sin aproximarse mas, al paso que segun la hipótesis del precedente esperimento, se acercan la una á la otra con un movimiento acelerado y desde una distancia mucho mas considerable.

642. *Segundo esperimento.* Pónganse en la superficie del agua dos cuerpos mas ligeros que ella, de los que solo el uno sea susceptible de ser mojado por el líquido, por ejemplo dos esferillas de corcho, de las que la una se haya carbonizado en la llama de una bugía; procúrese en seguida aproximarlas por medio de una punta; y se nota que la última huye de la inmediacion de la primera y no se pueden poner en contacto á no ser que se impelan la una hácia la otra, en cuyo caso se esperimenta una pequeña resistencia; en fin luego que se abandonan á sí mismas se repelen y huyen con un movimiento retardado.

El movimiento que las dos esferillas toman en este esperimento, no puede atribuirse á una repulsion que ejerzan la una contra la otra, porque si estos globos en lugar de nadar en la superficie del agua se suspenden de las estremidades de dos hilos, se pueden arrimar el uno al otro, y aun ponerles en contacto, sin notarse la menor tendencia ni á aproximarse, ni á alejarse el uno del otro.

643. *Tercer esperimento.* Colóquense en la superficie de mercurio dos balas de hierro, ó dos cuerpos cualesquiera que no sean susceptibles de mojarse por el líquido; apártense las balas solo de algunos milimetros; desde el instante que esten abandonadas á sí mismas, se ven precipitarse la una contra la otra, y parecen adherir entre sí, de manera que si se intenta apartar la una, la otra sigue, no obstante la resistencia que el mercurio opone á su movimiento.

644. Basta reflexionar un instante sobre los esperimentos que se acaban de describir para convencerse, 1.° que las atracciones y repulsiones aparentes que constituyen su objeto dependen únicamente de la facultad que tienen los cuerpos que se han considerado, de ser los dos mojados por el líquido que les rodea, ó de no serlo ni uno ni otro; ó en fin de la facultad que tienen, el uno de ser mojado y de no serlo el otro.

645. 2.° Que pueden reducirse á las tres leyes siguientes los resultados de estos esperimentos.

Primera ley.

646. *Cuando dos cuerpos que sobrenadan en un líquido, y que estan cerca el uno del otro, son susceptibles de ser mojados por el líquido, parece que se atraen el uno al otro.*

Segunda ley.

647. *Si dos cuerpos que sobrenadan en un líquido, situados el uno cerca del otro, no son susceptibles de ser mojados por el líquido que les rodea, parece tambien que se atraen.*

Tercera ley.

648. *Cuando de dos cuerpos que sobrenadan en un líquido, y que estan cerca el uno del otro, el uno es susceptible de ser mojado, y el otro no, parece que se repelen y en efecto se apartan, á no ser que algun obstáculo se oponga á su separacion.*

649. *Mariotte* habia observado los fenómenos que se acaban de describir, hallado las leyes que de ellos resultan, y procurado esplicarlas por sus causas. La esplicacion de *Mariotte* es bajo ciertos respetos defectuosa. Vamos á esponer la que *Mr. Monge* ha consignado en una memoria impresa en las colecciones académicas año de 1787.

650. Si se hace flotar en la superficie de un líquido (fig. 84) un globulillo A, que no sea susceptible de ser mojado, la superficie del líquido se deprime al rededor del globulillo, se dispone bajo una curvatura cuya convexidad mira hácia arriba, y el glo-

bulillo queda en quietud; porque siendo la depresion de que se ha hablado igual por todas partes, el globulillo queda igualmente comprimido en todas direcciones. La distancia de los vértices B, C de las curvaturas varía en general en líquidos diferentes, segun la fuerza con que sus moléculas adhieren entre sí, y en un mismo líquido segun las diferentes temperaturas. Si se coloca una segunda esferilla A′ algo distante de la primera, suceden al instante fenómenos iguales con relacion á este cuerpo de la misma manera que con el primero; queda en quietud, y las partes MB, CB′, C′N de la superficie del líquido quedan en un mismo plano horizontal. Si se aproximan los dos globos A, A′ (fig. 85), de manera que los vértices CB′ de las curvaturas de la superficie del líquido se confundan, todo queda aun en el mismo estado. El vértice comun C de las dos curvaturas queda en la misma altura que el resto de la superficie; los dos cuerpos quedan aun en equilibrio, su distancia es entonces la menor en que puedan quedar quietos, y esta distancia es el límite de la capilaridad en las actuales circunstancias. Pero si se continúa en aproximar los dos cuerpos como en la figura 86, el líquido se deprime entre los dos cuerpos, y el vértice de la curvatura no queda mas al nivel del resto de la superficie: por lo que cada esferilla es menos comprimida del líquido que la rodea por la parte que mira á la opuesta, y estos dos cuerpos cediendo por la parte en que la presion es menor, se aproximan el uno hácia el otro: de que resulta, que cuando dos cuerpos flotantes, no mojados y puestos á una pequeña distancia se aproximan el uno al otro, esto no sucede en fuerza de una atraccion, ni de otra afeccion que les sea propia, sino que la aproximacion reconoce evidentemente por causa una diferencia de presion del todo agena á los cuerpos, de manera que el fenómeno no tendria lugar si estuvieran situados á la misma distancia fuera del líquido.

651. Lo que se acaba de decir de dos esferillas que sobrenadan, sucede de la misma manera en dos globos sumergidos; porque si los dos cuerpos A y B (fig. 87) estan sumergidos en un líquido que no les pueda mojar, y que su distancia sea capilar, el líqui-

de se separa entre ellos en caso de poder entrar el aire, y estos cuerpos no esperimentando por la parte del intervalo que les separa una presion tan grande como por la parte opuesta, son impelidos el uno hácia el otro; y si el aire atmosférico no puede introducirse entre los dos cuerpos, el líquido nó se separa hasta que la fuerza con que tiende á hacerlo pueda vencer el peso de la atmósfera; pero en el mismo caso en que no se separa, su tendencia á la separacion ocasiona una disminucion de presion que produce el mismo efecto.

632. *Esplicacion de la tercera ley.* Si se hacen nadar en la superficie de un líquido dos esferillas A, A′ á algunos decimetros de distancia la una de la otra (fig. 88) de las que la segunda sea susceptible de ser mojada por el líquido y la otra no, la superficie se deprime al rededor del cuerpo A, como se ha visto antes; pero al contrario se eleva al rededor del cuerpo A′, se pone cóncava hácia lo alto, y la distancia B′C de los principios de las curvaturas opuestas varía en general segun la naturaleza del líquido, la de la esferilla y la temperatura. Si se aproximan las dos esferillas A, A′, hasta tanto que el principio de la concavidad C′, y el vértice B de la convexidad se confundan en B (fig. 89) los dos cuerpos quedan en equilibrio, porque todo se halla aun en el mismo estado con relacion á ellos; pero su distancia es entonces la menor en que puedan estar el uno del otro quedando en equilibrio, y esta es el límite de la capilaridad en las actuales circunstancias. Si se continúa en aproximar los dos cuerpos (fig. 90), la depresion del líquido al rededor de la esferilla A es menor en la parte que mira al otro cuerpo, á causa de la elevacion que el cuerpo A′ ocasiona al rededor de sí, de que resulta al rededor del cuerpo A una depresion cuya figura no es simétrica: por lo que la presion que este cuerpo esperimenta por la parte del líquido es mayor por el lado que mira al otro cuerpo, que por ninguna otra, y para ceder á la presion mas fuerte es precisado á apartarse del otro cuerpo como si le repeliera: de que se sigue que dos cuerpos flotantes de los que el uno es mojado por el líquido en que nada, y el otro no, huyen recíprocamente el uno del

otro; esto no sucede en fuerza de una repulsion inmediata que ejerzan el uno contra el otro, sino por una desigualdad de presion de parte del líquido que les rodea. La desigualdad de presion de que aqui se trata, es á la verdad el resultado de una accion que ejerce el cuerpo mojado sobre el líquido; pero esta accion es del todo estraña al otro cuerpo, el que con relacion á esto, se halla en un estado puramente pasivo, y parece evidente que no habria repulsion alguna ni aparente, si los dos cuerpos estuvieran suspendidos á la misma distancia fuera del líquido.

653. Lo que se ha dicho de dos cuerpos flotantes, de los que el uno es mojado y el otro no, tendria igualmente lugar en ellos si se hallaran sumerjidos; porque la fuerza con que el cuerpo mojado tiende á detener el agua al rededor de sí, y á aproximarla cuando se aparta por la inmediacion del otro cuerpo, debe producir el efecto de apartar estos dos cuerpos entre sí, si algun obstáculo no se opone á esta separacion.

654. *Esplicacion de la primera ley.* Se ha visto (núm. 620), que si se sumerje parte de una lámina de vidrio en agua, el líquido se eleva á lo largo de las dos superficies laterales de la lámina, que las superficies de las masas de agua elevada son curvas, y cóncavas por su parte superior, y que la elevacion del agua de que se trata reconoce por causa una accion combinada de la que el vidrio ejerce sobre las moléculas del agua, y de otra que las moléculas ejercen entre sí.

Para esplicar la ley de que se trata importa observar que las masas de agua elevadas por la lámina tienden á comunicarle movimiento en diferentes direcciones: por una parte tienden á hacer sumergir la lámina, la que en efecto se hunde un poco mas, si algun obstáculo no se opone; pero las dos masas de agua elevadas ejercen con independencia de este esfuerzo, otros dos en direccion horizontal, y por ser estos dos esfuerzos iguales y opuestos la lámina queda vertical en los indicados esperimentos. Cada una de las masas de agua elevadas tira la lámina por su parte, y tiende á moverla en direccion horizontal, de la misma manera que lo harian dos cadenas pesadas suspendidas en lu-

gar de las masas de agua elevadas y asidas de dos puntos fijos.

Sentado esto, si habiendo sumergido en parte en agua dos láminas de vidrio, de manera que sus caras sean paralelas, se aproximan la una á la otra hasta tanto que las bases de las masas de agua que elevan se confundan en una misma línea recta, es claro que estas dos láminas quedarán en equilibrio; porque nada habrá mudado con relacion á ellas. Pero si se continúa á aproximar las dos láminas, de suerte que los volúmenes de las masas de agua elevadas se hayan de penetrar recíprocamente, las dos láminas no quedarán verticales, se arrimarán la una á la otra, como si se atrayeran mutuamente: porque considerando la masa de agua levantada como que produce el efecto de una cadena suspendida de las dos láminas, se puede suponer que aqui las dos cadenas se han cruzado, y que la masa de las dos partes suprimidas ha sido distribuida de un modo casi uniforme al resto de la cadena. La nueva cadena que de esto resulta es de un peso variable; pero el peso de los elementos del medio se ha aumentado en una razon mayor que el de los elementos mas vecinos de los pesos de suspension, y el esfuerzo que hace esta cadena para aproximar las dos láminas es mayor que en el caso en que las cadenas no se cruzan. Pero en este último caso habia equilibrio: luego en el precedente debe faltar el equilibrio, y las dos láminas deben ser impelidas la una hácia la otra por la accion del agua que elevan entre ellas.

Asi cuando dos láminas en parte sumergidas en un líquido capaz de mojarlas, estan separadas por un intervalo capilar, se inclinan la una á la otra, no en virtud de alguna atraccion inmediata, pues que si se suprimiera el líquido quedarian en la misma distancia, no tendrian tendencia alguna á aproximarse sino en virtud de la accion que ejercen sobre el líquido que las moja, la que hace oficio de cadena pesada unida á las dos láminas, y tanto mas tirante cuanto el intervalo es mas capilar.

655. Lo que se acaba de decir con relacion á dos láminas planas, se puede claramente aplicar á dos cuerpos flotantes de cualquiera figura, separados por un intervalo capilar y susceptibles de ser mojados por el líquido que les sostiene; de que resulta

que cuando segun estas circunstáncias se aproximan dos cuerpos, y adhieren entre sí, no sucede esto en fuerza de una atraccion inmediata que ejerzan el uno contra el otro.

CAPÍTULO VII.

DE LOS FENÓMENOS DE LA CRISTALIZACION.

656. Los minerales se presentan bajo la forma de poliedros regulares. La operacion de la naturaleza que da orígen á estos cuerpos se llama *cristalizacion*.

657. Para tener una idea de esto, importa notar que el agua arrastra sustancias cuyas moléculas al instante que estan separadas de la masa se unen con ella, aunque débilmente en virtud de la atraccion con las moléculas del fluido, sin que las pueda percibir.

A medida que el agua se evapora, las moléculas de las sustancias estrañas al fluido se atraen recíprocamente por fuerzas que dependen de la masa, de la distancia que las separa, y probablemente de su figura. Estas moléculas se aproximan, se unen y adhieren entre sí; su union se efectúa por el contacto de ciertas superficies que tienen entre sí mayor atraccion que las otras. Estas moléculas reunidas forman poliedros regulares, al traves de los que el fluido se eleva é interpone entre sus moléculas; de manera que la fuerza de cohesion de los cristales que se forman se debe principalmente á la capilaridad al paso que en los sólidos que no tienen fluido interpuesto, es esclusivamente el resultado de la atraccion.

658. Solo en ciertas circunstancias las moléculas de un mineral disuelto en un fluido forman cristales por su reunion. Estas circunstancias son el espacio, el tiempo y la quietud.

659. Si las moléculas estan encerradas en un espacio muy estrecho, su movimiento no se ejecuta con libertad, no pueden tomar el lugar que les fija la fuerza de atraccion, la cristalizacion se hace confusamente, y los cristales quedan mezclados.

660. Cuando un obstáculo cualquiera impide que la estructura de los cristales no se acabe, esta estructura queda imperfecta por defecto de tiempo.

661. En fin si el fluido es agitado, los cristales apenas bosquejados se precipitan al fondo, se acumulan los unos sobre los otros, y forman grupos que no ofrecen á los ojos del observador mas que una cristalizacion imperfecta.

662. *Rome de Lisle y Bergman* se habian ocupado en indagar la cristalizacion con buen suceso. *Mr. Hauy* ha sobrepujado de mucho el trabajo de sus predecesores, observó el fenómeno con todas las circunstancias que le acompañan, y ha llegado á esplicarlo de una manera tanto mas satisfactoria, cuanto ofrece una feliz aplicacion de la geometría elemental á la estructura de los cristales.

663. La teoría de la cristalizacion da mucha luz á varias ciencias naturales; es el hilo que conduce al mineralogista al traves de una variada infinidad de formas en que se perderia sin su socorro.

664. Es preciosa para el químico, quien imita la naturaleza en la formacion de los cristales, los que sujeta al cálculo de las atracciones químicas.

665. Ofrece en fin al físico la mas satisfactoria esplicacion de un fenómeno notable que habia sido mirado hasta aqui como un capricho de la naturaleza. Este fenómeno consiste en que cristales compuestos químicamente de los mismos elementos afectan constantemente una figura diferente, al paso que cristales originarios de diferentes sustancias se presentan bajo la misma forma. La teoría de la cristalizacion, considerada bajo este último aspecto, parece ser del dominio de la física.

Cuadro sucinto de la teoría de la cristalizacion.

666. No se debe juzgar de la forma esencial de un cristal por su forma esterior. Para llegar á este conocimiento es menester hacer una especie de analisis física del cristal, y reconocer las figuras de las partes que lo componen.

Los cristales se componen de láminas que se separan las unas de las otras por medio de un instrumento siguiendo sus junturas naturales. Se reconocen estas junturas, en que las láminas que las separan presentan el pulido de la naturaleza; hácense ver algunas veces en el cristal antes de fracturarse, por estrías, por manchas ó por materias estrañas interpuestas. Cuando no se siguen las junturas naturales, en lugar de separar las láminas, se rompe el cristal, y se obtienen por resultado de la rotura fragmentos que no ofrecen señal alguna de regularidad.

667. En un cristal cualquiera es menester distinguir con cuidado; 1.º las moléculas integrantes; 2.º las formas primitivas; 3.º las formas secundarias.

Moléculas integrantes.

668. Las láminas de los cristales estan compuestas de moléculas integrantes que tienen figuras regulares. Estas moléculas son necesariamente similares, pero no estan siempre unidas de la misma manera; algunas veces se unen cara por cara, otras no estan unidas sino por los bordes dejando algunos vacíos entre sí.

Las moléculas integrantes pueden reducirse á tres, á saber:

669. 1.º El paralelipípedo, el mas simple de los sólidos, en que las caras estan paralelas de dos en dos y en número de seis.

670. 2.º El prisma triangular, el mas simple de los prismas.

671. 3.º El tetraedro, la mas simple de las pirámides.

Formas primitivas.

672. La forma primitiva es la que se obtiene por secciones practicadas sobre todas las partes semejantes de un cristal; esta es propiamente su núcleo.

Las formas primitivas pueden reducirse á seis, á saber:

673. 1.º El paralelipípedo que comprende al cubo, al romboide, y todos los sólidos terminados por seis caras paralelas de dos en dos.

2.º El tetraedro regular.

3.° El octaedro de superficies triangulares.

4.° El prisma exagonal.

5.° El dodecaedro con planos rombos.

6.° El dodecaedro con superficies triangulares isóceles.

674. Entre las formas hay algunas que se encuentran como núcleo con los mismos ángulos en diferentes minerales; porque la misma forma de núcleo puede ser producida en la primera especie por tales elementos; en una segunda especie por otros elementos. Estas formas de núcleo tienen un carácter de perfeccion y regularidad como en el cubo y octaedro regular: estos son unos límites á los que la naturaleza parece llegar por caminos diferentes.

Formas secundarias.

675. Las formas secundarias resultan de una superposicion de láminas que encubre la forma primitiva, y que da orígen á diferentes poliedros regulares. Estos poliedros aunque formados en láminas similares difieren del núcleo, ó de los sólidos que encierran.

676. Esta modificacion de figuras resulta de una disminucion regular, por substraccion de uno ó muchos órdenes de moléculas integrantes.

677. Hay muchos géneros de disminucion de que importa hablar separadamente.

Disminuciones simples.

678. En las disminuciones que se hacen en los bordes, esto es, paralelas á las aristas de la figura primitiva, las mas simples son aquellas en que en los bordes de cada una de las láminas de superposicion falta un órden de moléculas, con relacion á la lámina precedente. En este caso las láminas de superposicion forman una pirámide terminada en punta. Si en cada lámina de superposicion hay dos, tres ó cuatro órdenes mas de disminucion que en la lámina precedente la pirámide es menos elevada, por ser mas rápida la disminucion; no obstante las pirámides que resultan de esta superposicion tienen un carácter de regularidad.

Disminuciones desiguales.

679. Las disminuciones son desiguales cuando las láminas de superposicion estan disminuidas por un lado de un mayor número de órdenes de moléculas integrantes que por el lado opuesto. Las pirámides que resultan son en este caso evidentemente irregulares.

Disminuciones sobre los lados.

680. Suponiendo que las moléculas integrantes son cristales de figuras aproximadas al cubo ó al paralelógramo y arregladas en fila que se tocan las unas á las otras lateralmente; siempre que las disminuciones se hagan por los lados, los bordes de las lámiminas estarán siempre terminados por los lados de las moléculas integrantes, y estas moléculas se tocarán mutuamente sin dejar vacío entre sí.

Disminuciones sobre los ángulos.

681. Si las disminuciones de las láminas de superposicion se hacen por los ángulos, las moléculas integrantes presentan sus ángulos sobre los bordes decrecientes de las láminas, porque en esta direccion las moléculas integrantes se tocan por sus ángulos y no por sus lados. Asi las superficies en que terminan los ángulos salientes no pueden ser unidas, por haber necesariamente cavidades entre ellas; pero como las moléculas orgánicas son muy pequeñas, estas cavidades tienen tan poca estension que son insensibles al ojo.

682. En las disminuciones sobre los ángulos de un núcleo cúbico, la primera lámina de superposicion tiene una molécula integrante menos que la última lámina del cubo en cada uno de sus ángulos.

683. La segunda lámina de superposicion tiene tres moléculas integrantes menos que la precedente; estas tres moléculas habrian formado una fila de cuatro que se habrian tocado por los ángulos.

684. En la tercera lámina de superposicion, falta tambien una

fila que se habria compuesto de nueve moléculas integrantes. Estos decrementos disminuyen de mas á mas el número de moléculas de las láminas de superposicion hasta que esten reducidas á una sola que forma la punta de una pirámide de cuatro caras. Cada una de estas caras tiene una figura cuadrilátera, comprendida la molécula de los ángulos sólidos del cubo, que forma el núcleo del cristal. Estos cuadriláteros son en número de tres al rededor de cada uno de los ocho ángulos sólidos del núcleo. Los cuadriláteros estan sobre un mismo plano, y forman una figura triangular. Resulta de estas ocho superficies un octaedro de dos pirámides de cuatro caras.

685. Si no se atendiera mas que á las moléculas integrantes que forman las láminas de superposicion por sus disminuciones, quedaria un vacío en medio de cada uno de los bordes del octaedro; pero estos vacíos estan llenados por las moléculas que las primeras láminas de superposicion deben tener de mas que la última lámina del núcleo, para cubrirle en los puntos de sus cuatro lados.

Disminuciones intermediarias.

686. Estas disminuciones no son paralelas ni á las diagonales ni á los lados de un núcleo compuesto de cubos. Esto depende de que las partes integrantes que faltan en las láminas de superposicion no son cuadradas sino oblongas, porque contienen dos, tres, cuatro, etc. moléculas cúbicas situadas la una al lado de la otra en la direccion de una arista del cubo. Ninguna diagonal de estas figuras oblongas puede ser paralela con las diagonales de disminucion por los ángulos de un cubo dividido por cuadrados: esta es la razon porque *Hauy* mira la direccion de la disminucion de que se trata, como intermediaria entre la diagonal y las aristas.

Disminuciones mistas.

687. Sucede algunas veces que hay mas de un órden de moléculas integrantes de mas ó de menos, sea en altura, sea en

anchura, por ejemplo, dos filas en un sentido y tres en otro, ó tres en un sentido y cuatro en otro, etc. esta es una disminucion mista.

Estas disminuciones son raras, y no se han aun reconocido sino en algunos cristales metálicos; pero se concibe fácilmente que deben mudar el valor de los ángulos.

688. Estas leyes de disminucion esplican la estructura de todas las modificaciones bajo que se presentan los cristales. Tan pronto las disminuciones se hacen á la vez sobre todos los lados ó ángulos como en los dodecaedros de planos rombos, en los octaedros procedentes del cubo, como sobre ciertos lados ó ángulos solamente; tan pronto son uniformes por una, dos, tres filas, etc., como varía la ley de un lado al otro, de un ángulo al otro; tan pronto las disminuciones sobre los lados concurren con las disminuciones sobre los ángulos como un mismo lado ó un mismo ángulo esperimentan sucesivamente muchas leyes de disminucion; otras veces en fin el cristal secundario tiene superficies paralelas á las de la forma primitiva, las que producen nuevas modificaciones combinándose con las superficies que resultan de las disminuciones. De aqui la distincion de *formas secundarias simples*, que son aquellas que resultan de una sola ley, cuyo efecto es encubrir completamente el núcleo; *formas secundarias compuestas* que resultan de muchas leyes simultáneas ó de una sola ley que no ha llenado su objeto, de manera que quedan superficies paralelas á las del núcleo.

689. Síguese de lo que se ha dicho, 1.° que moléculas de diferentes figuras pueden arreglarse de modo que formen poliedros semejantes en diferentes especies de minerales. Asi el dodecaedro del fluate calcáreo ó espato fluor es un conjunto de pequeños tetraedros regulares ó de superficies equiláteras; y las moléculas del granate forman un dodecaedro de planos rombos con pequeños tetraedros de superficies triangulares isóceles.

690. 2.° Moléculas similares pueden producir una misma forma cristalina por diferentes leyes de disminucion.

691. 3.° Puede existir un cristal enteramente semejante al nú-

cleo, aunque formado en virtud de una ley simple de disminucion. *M. Hauy* ha sido conducido por el cálculo á este resultado.

692. 4.º El cubo hace algunas veces la funcion de romboide, como se ve en el hierro de Framont; y cuando ha empezado asi continúa de la misma manera en todas las cristalizaciones de la misma sustancia. Sucede lo mismo cuando hace funcion de paralelipípedo.

693. 5.º El sólido interior que se obtiene por la diseccion de un cristal no es rigurosamente su núcleo. Asi el cubo que se descubre en el dodecaedro tiene por núcleo una molécula cúbica mas central, al rededor de la que es probable que se formó al instante un muy pequeño dodecaedro que recibió nuevas capas sin mudar de figura. No obstante nada priva que la forma primitiva aumentada tome despues una forma secundaria.

LIBRO CUARTO.

DEL CALÓRICO.

CAPÍTULO PRIMERO.

DE LA NATURALEZA DEL CALÓRICO, DE LAS PROPIEDADES QUE LE DISTINGUEN Y DE LAS LEYES QUE LE RIGEN.

§ I.

De la naturaleza del calórico y de su facultad dilatante.

694. Si se calienta un cuerpo cualquiera aumenta de dimensiones en todos sentidos. Una varilla de metal sujetada á la accion del calor adquiere mayor longitud, latitud y profundidad: el alcohol encerrado en una botella, presentada á la llama de una bugía recibe casi súbitamente una espansion considerable. Estos esperimentos tentados sobre un grande número de cuerpos, sean sólidos, sean fluidos, han fijado la opinion de los físicos sobre este objeto, al paso que algunos han intentado introducir escepciones en este principio. Todas las sustancias minerales (1), dicen, estan sujetas á esta ley; pero hay algunos vejetales y anima-

(1) *Se verá en lo sucesivo que la alúmina sujeta á la accion del calor disminuye de volúmen. Esta disminucion proviene de que la alúmina contiene agua la que se reduce á vapor por la accion del calórico, y se escapa de su combinacion.*

les que parece que se deben escluir: un calor suave es cierto que dilata sus fibras, las aparta y disminuye la densidad de su tejido; pero el pergamino, las membranas, los tendones se retraen y arrugan por un calor fuerte y pronto. Estos hechos sobre los que se funda la retriccion de la generalidad de este principio presentan resultados en que se complican circunstancias que al principio imponen; pero que por poco que se reflexione y se analicen los efectos, refiriendo cada uno á la causa que lo produce, se ve claramente que la propiedad que tienen algunas materias animales y vejetales de retraerse por un calor fuerte, es debida á una causa muy diferente, esto es á la irritabilidad y contractilidad de las fibras que se aumentan por el calor, mientras la organizacion no se destruya; y de consiguiente la dilatacion de los cuerpos por el calor es una ley constante y general.

695. El enfriamiento destruye el efecto que el calor ha producido. Para convencerse de esto, vuélvase gradualmente un cuerpo á que el calor haya dilatado á la misma temperatura que tenia antes de calentarse. Las moléculas se aproximarán insensiblemente las unas á las otras, el cuerpo pasará por los diferentes grados de estension que habia recibido, y finirá volviendo al mismo volúmen que tenia antes de calentarse. Este principio fundado en hechos que la esperiencia ha confirmado siempre, manifiesta que las moléculas de los cuerpos se aproximan en razon del enfriamiento que sufren: de que se sigue que si se pudiera producir un frio absoluto, las moléculas de los cuerpos estarian en inmediato contacto y recíprocamente que sus moléculas no podrian tocarse sino al estar en el mayor grado de enfriamiento posible; pero la produccion de frio absoluto seria una empresa ridicula, porque nuestra existencia se estinguiria en este grado de frio. Por lo que las moléculas de los cuerpos no se pueden aproximar tanto como es posible, y de consiguiente las moléculas de cuerpo alguno no se tocan en la naturaleza.

696. Los físicos se han ocupado en determinar las dilataciones que diferentes cuerpos esperimentan por la presencia del calórico, y se ha hallado que por cada grado del termómetro de Reaumur

el hierro se dilata cerca de $\frac{1}{75000}$ de cada una de sus dimensiones; el cobre de $\frac{1}{43000}$; el vidrio de $\frac{1}{10000}$.

Se ha procurado tambien determinar la dilatacion que sufre el aire por la accion del calórico. *Hauxbee* es el primero que se ha ocupado en esta determinacion, y ha hallado por un proceder simple é ingenioso (1), que la espansion del aire desde el término de hielo hasta al mayor grado de calor en el clima de Inglaterra está en razon de 6 á 7.

Amontons halló despues que desde la temperatura de la primavera hasta á la del agua hirviendo, el aire aumentaba un tércio de su volúmen.

Estos resultados poco satisfactorios por motivo de la poca exactitud en las temperaturas, han movido los físicos modernos á ocuparse en el mismo objeto, tomando el grado de la licuacion del hielo y el del agua hirviendo por límites de la temperatura.

Mr. Charles halló veinte años hace, que el aire comun y todos los gases insolubles se dilatan desde la temperatura que tiene el hielo al licuarse hasta á la del agua hirviendo, en la razon de 100 á 137,50, un poco mayor que la de dos á tres. *Mr. Dalton* ha probado últimamente por exactos esperimentos que todos los gases permanentes solubles ó insolubles estan sujetos á esta misma ley de dilatacion por el calor; y *Mr. Gay-Lussac* ha obtenido un resultado igual en todos los gases solubles é insolubles, permanentes y no permanentes.

Esta uniformidad en la marcha, que cuando se dilatan siguen los gases y vapores hace ver que su dilatabilidad por la accion del calor no depende de modo alguno de su naturaleza, sino solamente de su estado elástico.

697. Los fenómenos que se acaban de describir nos conducen a esplicar con claridad lo que entendemos por calórico. No le sabriamos concebir sin admitir la existencia de un fluido infinitamente sútil, el que tan pronto se insinúa en los poros de los cuer-

---

(1) *Véase la* historia filosófica de los progresos de la física, *tom. 3.°, pág.* 60.

pos como les abandona para producir segun las circunstancias la separacion ó la aproximacion de las moléculas. La existencia de este fluido no está completamente probada; pero aunque no fuera mas que una hipótesis, veremos que por esto no es menos acomodada para esplicar los fenómenos de la naturaleza. A este fluido real, ó si se quiere hipotético, le damos el nombre de *calórico* para distinguirle del fuego que comprende, segun comun aceptacion, al calórico y al lumínico.

Cuando el calórico se introduce en un cuerpo se divide, para decirlo asi, en dos partes bien diferentes, de las que la una sirve para vencer la cohesion de las moléculas del cuerpo y satisfacer su propension para este fluido, y la otra para establecer equilibrio con la temperatura esterior. A la primera se llama *calórico combinado*, y á la segunda *calórico interpuesto*.

698. Es pues el calórico combinado el que está encadenado en los cuerpos por la fuerza de atraccion, cual constituye parte de su sustancia, hasta de su solidez.

699. El calórico interpuesto es el que sin estar contraido á alguna combinacion, se halla entre las moléculas de los cuerpos. Un ejemplo familiar hará sensible la diferencia que hay entre estas dos porciones de calórico. Un pedazo del pan arrojado al agua contiene dos porciones de agua bien diferentes; la una se halla en estado de combinacion y forma parte constitutiva del pan, la otra solo es interpuesta entre sus moléculas, se manifiesta bajo forma de agua, y sale por medio de la presion.

700. Importa distinguir con cuidado el calórico del calor, porque en el estudio de las ciencias jamas se deben confundir bajo una misma denominacion un efecto con la causa que lo produce.

701. El calor no es otra cosa que el efecto producido sobre nuestros órganos por el paso del calórico que se separa de los cuerpos que nos rodean. Cuando se toca un cuerpo frio, el calórico que como todos los fluidos, tiende siempre á ponerse en equilibrio, pasa de la mano al cuerpo que se toca y se esperimenta la sensacion de frio. Cuando se toca un cuerpo caliente el ca-

lórico pasa del cuerpo á la mano, y su presencia excita la sensacion de calor.

702. ¿Pero el calórico cómo se pone en equilibrio consigo mismo? Para esplicar este fenómeno obsérvese por ahora, y se probará luego que cuerpos heterogéneos iguales sea en masa sea en volúmen reducidos á la misma temperatura no absorven siempre una igual cantidad de calórico en su paso por una misma y mas elevada temperatura. Sentado esto, es fácil concebir como se establece el equilibrio por medio de la reparticion, que se verifica entre cuerpos diferentes del calórico, cedido por los unos y absorvido por los otros. A medida que el calórico se acumula en estos, disminuye su atraccion para este fluido: es en efecto una ley de la atraccion bien conocida, que su accion disminuye á medida que el cuerpo que la ejerce adelanta hácia su término de saturacion. Los cuerpos que ceden parte de su calórico esperimentan un efecto contrario, su atraccion para el calórico aumenta en razon de la pérdida que sufren de este fluido; y en el término en que hay equilibrio entre las atracciones de diferentes cuerpos para el calórico, el sistema entero llega tambien al estado de equilibrio.

§ II.

De la facultad conductriz del calórico.

703. Los cuerpos no ofrecen igualmente un paso libre y fácil al calórico.

Primer esperimento. Tómese un hilo de hierro, póngase una de sus estremidades en medio de la llama de una vela; si se toca el hilo en un punto sensiblemente distante de esta estremidad, no se tardará en esperimentar la sensacion de calor.

Segundo esperimento. Tómese un carbon encendido por uno de sus estremos, póngase la mano á una pequeña distancia de esta misma estremidad, y no se sentirá casi impresion de calor.

Estos esperimentos prueban que el calórico se propaga fácilmente al traves de las moléculas del hierro cuando las moléculas

del carbon se oponen á su paso. Llámase facultad conductriz del calórico, la propiedad que tienen ciertos cuerpos de facilitar el paso á este agente. Asi se dice que el hierro es un buen conductor del calórico, y que el carbon es mal conductor del mismo fluido.

704. Entre los cuerpos conocidos, los metales, y el mayor número de fluidos son muy buenos conductores del calórico, aunque no en el mismo grado. *Ingenhouz* y muchos otros físicos han procurado determinar la relacion en que se hallan diferentes metales en cuanto á su facultad conductriz para el calórico; pero los resultados de sus esperimentos no son del todo satisfactorios. Es de desear que se tienten, sobre este objeto, nuevos esperimentos con mayor exactitud y precision.

705. El vidrio, las resinas, el carbon, la seda, la lana, la paja etc. resisten mas ó menos al paso del calórico.

706. La propiedad que tienen ciertos cuerpos de ceder ó resistir al paso del calórico ha dado origen á un grande número de aplicaciones útiles á las artes y á los usos mas comunes de la sociedad.

707. 1.° Puede emplearse muy ventajosamente el calórico encerrando los cuerpos encendidos en vasos que sean malos conductores de este fluido. Asi se construyen hornillos económicos con una mezcla de arcilla y carbon, cuidando que la primera capa interior sea toda de arcilla para garantir la otra de la accion del fuego; asi se concentra el calórico en vasos de vidrio cubiertos de polvo de carbon; asi carbones encendidos conservan mucho mas tiempo su actividad bajo estufas de arcilla que no metálicas.

2.° Para conservar el hielo en lugares subterráneos, se pone encima de una capa de paja; esta es una especie de barrera que pone el hielo al abrigo de la accion del calor central que siendo constantemente de $11\frac{1}{2}$ grados (escala centígrada), seria mas que suficiente para licuarle.

3.° Los jardineros cuidan de cubrir de paja las flores y frutos que quieren preservar del influjo de un frio muy riguroso. No llenarian su objeto si para el mismo fin empleasen una cubierta metálica.

4.° Durante los rigores del invierno la lana, y particularmente la seda, conservan en nuestro cuerpo el calórico que el aire ambiente procura quitarnos.

5.° Puédese economizar el combustible para una sala á que se la quiera dar una constante y agradable temperatura, empleando en la construccion del tubo adaptado á la estufa que contiene el combustible sustancias que dificilmente propaguen el calórico. Si se quiere tener un calor pronto y de poca duracion se ha de hacer uso de los mejores conductores del calórico para la construccion del tubo.

708. El paso del calórico de unos cuerpos á otros ha sido tambien la causa de la invencion de varios instrumentos mas ó menos acomodados segun las circunstancias, para medir los grados de calor. Es importante dar á conocer su construccion y usos.

§ III.

De los diferentes instrumentos que sirven para medir los grados de calor.

Del termómetro.

709. Débese á un físico holandes llamado *Drebel* la invencion del *termómetro*. El que este físico imaginó consiste en un tubo de vidrio terminado en esfera y abierto por su parte inferior; este se sumerje por la parte de la abertura en un licor colorado, y se aplica la mano en la esfera; en esta disposicion el aire interior se calienta, se dilata y obliga á que una parte de su misma masa se escape al traves del líquido; se retira despues la mano y el aire que queda se condensa por el enfriamiento, y la presion del aire esterior obliga al licor colorado á subir en el tubo hasta á una cierta altura. Si sobreviene despues un aumento de calor el aire interior se dilata y obliga al líquido á bajar; una disminucion de calor produce un efecto contrario, de manera que las variaciones en la altura de la columna suspendida en el tubo indicarian las variaciones de calor en el ambiente si la presion de la atmósfera fuera constante, pero como esta presion esperimenta alteraciones

que influyen, segun las circunstancias en el ascenso y descenso del licor, resulta que un termómetro construido bajo estos principios, no puede dar mas que unos indicios muy equívocos sobre el calor de la atmósfera.

710. Para corregir este inconveniente los académicos de Florencia imaginaron cerrar herméticamente por un estremo un tubo de vidrio terminado de la misma manera por el otro en esfera, despues de haberle llenado de un licor colorado hasta cerca la mitad de su altura. Este tubo estaba aplicado sobre una plancha graduada, y se juzgaba de la dilatacion, ó contraccion del licor por el número de grados que corria. Pero como todo era arbitrario tanto en la construccion del instrumento, como en la division de la escala, dos termómetros construidos de este modo, hablaban cada uno un idioma diferente que les hacia incomparables.

711. Era preciso para que los termómetros fueran comparables, que los límites de la escala fuesen invariables, y de consiguiente que se hubiesen sacado de la naturaleza misma. El término inferior, que señala el punto en donde empieza la escala está en el dia fijado en aquel en que se mantiene el licor en el tubo sumergido en hielo en el instante en que se va licuando, y el término superior se saca de la temperatura del agua hirviendo. De este modo los dos términos tienen los caractéres de una verdadera unidad, la que debe por consiguiente sujetarse á division decimal. El intervalo comprendido entre los dos límites está dividido en cien partes iguales, y esta division se continúa despues debajo de cero.

712. Se ha empleado mucho tiempo el alcohol para la construccion de los termómetros: Este líquido es muy diferente segun las sustancias de que se saca; con el tiempo pierde parte de sus propiedades, y las dilataciones á que está sujeto no son proporcionales á las cantidades de calórico que las ocasionan. El mercurio no presenta semejantes inconvenientes: este líquido bien purificado es constantemente homogéneo, y se verá luego que las dilataciones que recibe son á lo menos desde cero hasta el grado del agua hirviendo sensiblemente proporcionales á las cantidades

del calórico que las produce. Por lo que los termómetros de mercurio merecen la preferencia sobre los de alcohol, que solo pueden servir útilmente en los casos en que se hayan de hacer observaciones en un frio artificial mayor que el de 32 grados que determina la congelacion del mercurio.

713. Cuando se sumerge súbitamente un termómetro en un fluido mas caliente, el calórico pasa del fluido al tubo al que dilata antes que penetre el mercurio contenido en él. Por lo que el volúmen del tubo aumenta antes que se produzca la menor dilatacion en el mercurio, el que por consiguiente baja; pero luego el calórico se comunica al mercurio, el que siendo mas dilatable que el vidrio debe elevarse sensiblemente. Sucede lo contrario cuando se sumerge un termómetro en un licor mas frio, el vidrio se condensa primero, y el mercurio sube momentáneamente; luego despues el mercurio se condensa mucho mas que el vidrio, y resulta de esta diferencia una depresion sensible del mercurio.

De aqui se ve, porque un vidrio espeso y vacío que se presente á la accion de un calor vivo se rompe súbitamente. El calórico penetra al instante la superficie esterior del vidrio y la dilata, al paso que la superficie interior conserva aun el mismo volúmen; las partes del vidrio esperimentan una dilatacion desigual que debe ocasionar la ruptura. Si el vidrio es delgado el calórico penetra casi al mismo tiempo su superficie esterior é interior, con que se produce una dilatacion igual de las partes, lo que evita el riesgo de la ruptura.

714. Puédese dejar aire entre el licor del termómetro, y la estremidad superior del tubo, sin temor que las dilataciones del fluido elástico, por la accion del calor, alteren la regularidad de las dilataciones del mercurio ó del alcohol; porque el aire no puede obrar en este caso sino como á fuerza comprimente, y nadie ignora que los líquidos oponen á la compresion una resistencia sensible que tiene lugar igualmente en todas las temperaturas, al paso que los fluidos elásticos ceden fácilmente á la menor fuerza comprimente. Por consiguiente el mercurio ó el alcohol

obligarán al aire á encerrarse en un menor espacio, y á cederles parte del lugar que ocupa.

715. Se ha dicho que la escala del termómetro se dividia en partes que se llaman *grados*. Estos grados juntos ó separados constituyen la *temperatura*.

716. La *temperatura* de un cuerpo no es pues otra cosa que la medida de las dilataciones que esperimentan los fluidos que se emplean para la construccion de los termómetros, cuando despues de haber obedecido á las atracciones mas ó menos fuertes á que estan sujetos, el calórico se ha puesto en fin en equilibrio.

717. Hasta aqui los físicos habian acomodado á la significacion de la voz temperatura ideas falsas y oscuras, que no han servido mas que para difundir y acreditar errores. Algunos han creido poder fijar con seguridad la temperatura real de los cuerpos. Una de las condiciones esenciales para llenar este importante objeto seria la de tener un termómetro cuyas divisiones se refiriesen exactamente á cantidades iguales de calórico, que se le comunicaran, ó para hablar con mas claridad, cuyas divisiones fuesen indicadas por sus dilataciones producidas en virtud de una comunicacion sucesiva de cantidades iguales de calórico. Entonces se señalaria en el termómetro el *cero real*, esto es, el instante en que las moléculas sólidas totalmente privadas de calórico interpuesto se tocarian por tantos puntos como les seria posible. Continuando asi la division se tendria la verdadera temperatura de los cuerpos; pero el punto de que partimos para dividir nuestros termómetros no es aquel en que las moléculas de los cuerpos de que nos servimos para construirlos, se tocan por tantos puntos como es posible tocarse. Por lo que el termómetro no indica el *cero real*, sino solamente el *cero termométrico*, es decir, el grado de dilatacion en que se detiene el mercurio cuando se sumerge un termómetro en hielo que esta licuándose. Los grados de los termómetros no son pues mas que fracciones no conocidas de la temperatura real; y de consiguiente en el actual estado de conocimientos, se da una idea falsa diciendo que la temperatura de un cuerpo es dupla ó triple de la de otro.

718. El términometro se ha mirado por mucho tiempo, y tal vez se mira aun como una medida exacta del calor. Esta propiedad no conviene al termómetro, sea que la voz calor se considere como sinónimo de calórico, sea que se la haga significar la sensacion que ocasiona la presencia del calórico. En el primer caso ¿podria el termómetro ser una medida exacta del calor? El no puede indicar el calórico combinado, pues que suponiendo las circunstancias mas favorables es absolutamente imposible determinar la cantidad de calórico que está combinada con las moléculas de los cuerpos sólidos. Tampoco puede medir el calórico interpuesto; porque cuando el mercurio se eleva en el tubo, es sin duda una prueba que hay calórico interpuesto que se difunde en los cuerpos ambientes; el termómetro, que es uno de estos cuerpos, recibe su porcion en razon de su masa y de la capacidad que tiene para admitir el calórico: el ascenso del mercurio en el tubo no indica pues mas que la porcion de calórico que ha recibido, pero no la cantidad total que se ha separado: luego el termómetro no puede medir ni el calórico combinado, ni el interpuesto, y de consiguiente no puede ser una medida exacta del calor, suponiendo que esta voz es sinónima de calórico. Si nos servimos de la voz calor para significar la sensacion, ¿puede decirse que el termómetro la mida exactamente? Si asi fuera dos cuerpos cualesquiera reducidos á la misma temperatura ocasionarian sensaciones de calor que tendrian el mismo grado de actividad, lo que contradice la esperiencia, pues que un pedazo de mármol, por ejemplo, nos parece mas frio que un pedazo de madera, en el mismo caso en que estos dos cuerpos se hallen en la misma temperatura.

Del termoscopio.

719. La voz *termoscopio* se origina del griego, quiere decir *indicador de calor*. La voz *termómetro* significa *medida de calor.* Por lo que es menester no confundir el termómetro con el termoscopio. *Rumford* mira al termoscopio como un microscopio de calor, es decir como un instrumento propio para reconocer la

existencia de las mas pequeñas variaciones en la temperatura de los cuerpos.

720. *Amontons* habia empleado un siglo hace, el aire como fluido termoscópico con motivo de la estension relativa de sus mutaciones de volúmen por las variaciones de calor; pero en los termómetros de aire que construyó los efectos barométricos, se combinaban con los termométricos, por razon de la presion ejercida por la atmósfera sobre el aire contenido en la atmósfera del instrumento.

721. *Rumford* imaginó un termoscopio que tiene todas las ventajas del termómetro de aire sin sus inconvenientes. Compónese de dos esferas agujereadas, reunidas por medio de un tubo encorvado en ángulo recto hácia las dos estremidades. Este aparato está lleno de aire, y no contiene mas que una pequeña cantidad de líquido colorado, ordinariamente reunido en un apéndice adaptado en uno de los codos del tubo y cerrado herméticamente. El interior está sin comunicacion con la atmósfera, y pronto á ser termoscopio siempre que se quieran hacer los esperimentos á que está destinado. En este caso se hace pasar ante todas cosas del reservorio al tubo horizontal una cantidad del líquido colorado, suficiente para ocupar en él una estension de cerca tres cuartos de pulgada. Es menester hacerlo de manera que cuando las dos esferas estan en la misma temperatura, esta pequeña columna que sirve de índice se halle en medio de la longitud del tubo. Se logra esto calentando ligeramente con la mano la esfera que esté mas distante del reservorio antes de hacer pasar la gota del líquido en el tubo; despues se la ve marchar por la parte de la esfera que se calentó á medida que esta pierde de su calor accidental, y parar como en la mitad del tubo, cuando el equilibrio de las dos esferas está perfectamente restablecido.

Pero desde el instante que falta este equilibrio por la mas ligera adicion de calorico que suceda en una de las dos esferas, el aire dilatado en esta se enrarece, y pone en movimiento la gota de líquido que sirve de índice. La cantidad de este movimiento se aprecia por una division en partes iguales puesta al lado del tubo

á la que se refiere la posicion de la una ó la otra de las estremidades de la pequeña columna de líquido colorado.

Si se quiere, por ejemplo, por medio de este aparato comparar el efecto calorífico de dos cuerpos calientes que obren desde alguna distancia, se presentan simultáneamente á las dos esferas del instrumento é impidiendo á favor de una pantalla intermediada, el concurso de las influencias respectivas. Se busca el punto de inmovilidad del índice, alejando el cuerpo cuya influencia calorífica sea mayor sobre la correspondiente esfera, y cuando el índice es estacionario estamos ciertos que la accion de los cuerpos calientes sobre las esferas que reciben respectivamente sus emanaciones es igual. Entonces si estan á la misma distancia de las correspondientes esferas, la intensidad absoluta de la causa del calor debe presumirse igual. Si al contrario bajo efecto calorífico igual estas distancias son desiguales, entonces la intensidad de la causa del calor sigue probablemente la razon inversa de la distancia de cada uno de los cuerpos calientes á la correspondiente esfera.

Las dos porciones verticales del tubo, en que estan soldadas las esferas, tienen cada una 10 pulgadas de longitud, y el tubo horizontal que las reune tiene 17. Las esferas son como de una pulgada y media de diámetro; el del tubo es tal que 15 granos de mercurio ocupan en él una pulgada de estension.

Este tubo está adaptado en una plancha de 27 pulgadas de longitud, de 9 de latitud, y una de espesor. En medio de su longitud se eleva un sustentáculo que mantiene una pantalla circular vertical de carton, en cuyas dos superficies se haya pegado papel dorado. Sirve esta pantalla para que una de las esferas del instrumento no sea afectada por los rayos caloríficos que emanen de un cuerpo caliente presentado á la esfera opuesta. Empléanse accidentalmente en esta especie de esperimentos muchas otras pantallas; porque el instrumento es de una sensibilidad tal que la presencia de la mano á muchas pulgadas de distancia de alguna de las esferas pone el índice en movimiento; y la aproximacion de la persona que quiere servirse del instrumento produce el mismo

efecto, si no se tiene cuidado de interponer pantallas convenientemente puestas para impedir la irradiacion de su calor individual sobre las esferas termoscópicas.

Para que el observador pueda sin auxilio de otro, alejar ú aproximar segun quiera, simultáneamente á las esferas los cuerpos calientes cuya accion estudia, sin dejar de otra parte de tener sus ojos fijos en el índice termoscópico, procurándose al mismo tiempo el conocimiento cierto de su distancia respectiva á las esferas que afectan, *Rumford* emplea una adicion muy simple en su aparato: esta se compone de dos correderas horizontales sobre las que descansan los pies que sostienen los cuerpos calientes por una y otra parte del termoscopio; las que se mueven por medio de una manecilla cuyo eje tiene un piñon que guia un rastrillo que conduce las correderas. Cada una tiene encima una division que indica cada instante con precision, cual es la distancia absoluta del cuerpo caliente á la esfera que afecta.

El diámetro que mas conviene para el tubo del termoscopio es el que da 15 ó 18 granos de peso de mercurio por pulgada de longitud. Bajo esta dimension las esferas pueden tener cerca de una pulgada y media de diámetro. Si estan pintadas de negro con tinta de china, el instrumento es mucho mas sensible.

Del pirómetro.

722. Débese á *Muskembroek* la invencion del pirómetro; pero este instrumento que sirve para medir la accion del calórico en los cuerpos sólidos salió imperfecto de las manos de su autor, y no ha adquirido el grado de precision que le conviene sino á medida que se ha alejado de la época de su orígen.

El que en el dia está mas generalmente empleado se compone principalmente de una lámpara de alcohol armada con varias mechas, y de una caja cilíndrica que contiene muchas palancas que se corresponden entre sí, y comunican el movimiento por medio de una rueda dentada á una águja que describe sobre un cuadrante horizontal la circúnferencia de un círculo dividido en doscientas partes iguales. Se ponen sucesivamente vergas cilíndricas de

diferentes metales iguales en longitud y grosor, encima de las mechas encendidas, de manera que estando el uno de los estremos fijado por un tornillo de presion, el otro apoya contra la parte del instrumento que comunica el movimiento á las palancas, y de consiguiente á la aguja; y como la menor prolongacion la hace mover de manera que cada cuarto de línea le hace describir una circunferencia entera, los mas pequeños grados de dilatacion se pueden apreciar por medio de este instrumento.

En ciertos pirómetros se coloca la varilla de metal despues de haber observado la temperatura á que ha sido elevado, y como una de las estremidades apoya sobre un punto móvil que está comprimido por un resorte, este aflojándose á medida que el enfriamiento acorta la verga, hace mover una aguja que indica los grados de acortamiento.

723. La propiedad que tiene la alúmina de condensarse proporcionalmente al calor que se le aplica, dió lugar á *Wedgood* á imaginar una especie de pirómetro que conviene describir.

Este instrumento está compuesto de dos partes la una llamada *regla ó medida*, que sirve para medir los grados de disminucion ó de retraccion: la otra comprende pequeñas piezas de alúmina que llevan el nombre de *piezas pirométricas*.

La medida está formada en una plancha de tierra cocida sobre la que estan aplicadas dos reglas de la misma materia. Estas reglas rectas y bien unidas, presentan una separacion de 13 milimetros (6 lineas) por uno de sus estremos, y 9 milimetros (4 lineas) por el otro. La medida está cortada por el medio, y se ajustan las piezas cuando se quiere hacer uso de él. La longitud de esta regla está dividida en 240 partes iguales, de las que cada una tiene como 3 milimetros (una línea).

Se construyen las piezas pirométricas de tierra bien tamizada mezclada en seguida con agua. La masa que resulta se introduce en un tubo de hierro para darle la forma de largos cilindros que se cortan despues en partes de una longitud conveniente. Cuando las piezas estan secas se colocan en la regla y es menester que se adapten en cero de la escala. Asi ajustadas se cuecen en

un horno á un calor rojo, á fin que tengan una consistencia suficiente para el transporte. El calor que se emplea para la cochura es de cerca de 6 grados. Las piezas han sufrido una disminucion á que no se debe atender, porque deben sujetarse á un grado de calor superior al que han esperimentado. Para medir un grado de calor inferior es menester servirse de piezas que no hayan sido cocidas, las que se conservan con cuidado en estuches.

Para hacer uso de este pirómetro se pone una pieza en el hogar cuyo calor quiere conocerse. Cuando se juzga que ha obrado completamente se retira y se deja enfriar, se presenta á la regla y se determina con facilidad la retraccion que ha sufrido. Si se retira de un horno en que se funda algun metal, en el mismo instante en que entra en fusion y se repite la misma operacion con otro metal, es fácil comparar el grado de calor que es preciso aplicar á cada uno para fundirle.

724. La grande dificultad que hay en fundir la platina, ha sujerido á *Mr. Morveau* la idea de servirse de este metal para la construccion de un pirómetro acomodado para medir los grados del mas alto calor de nuestros hornos. Consiste en una lámina de platina de 45 milimetros de longitud, 5 de latitud y dos de espesor. Está puesta de plano en un encaje practicado en una rodaja de arcilla refractaria, apoya por el estremo inferior contra el maciso que termina el encaje, y su estremidad superior descansa sobre el brazo horizontal de una palanca angular que tiene 25 milimetros de longitud. El brazo vertical de la misma palanca tiene 58 milimetros de longitud, y su estremidad inferior forma una aguja sobre un arco de círculo graduado.

Siendo todas las piezas de este pirómetro de platina, no se debe temer ni fusion, ni oxidacion, y la rodaja cocida hasta al último grado no puede retraerse mas. Sus dimensiones lo hacen de un uso cómodo por la facilidad con que se coloca en una mufla debajo de un crisol puesto boca abajo. Es tan sensible que puede indicar con precision dilataciones de un 200 de milimetro (cerca un 400 de línea). Para impedir que la aguja mude de posicion por el movimiento que se le podria dar cuando se retira el ins-

trumento del hornillo, se adapta una lámina de platina que hace de resorte sobre su estremidad.

Parece que este pirómetro puede sustituirse con ventaja al de *Wedgood*, cuyas piezas pirométricas no son siempre de la misma calidad, como todo lo que necesita alguna manipulacion.

§ IV.

De la capacidad de los cuerpos para admitir el calórico entre sus moléculas, y el modo de determinarla.

725. Para elevar del mismo número de grados la temperatura de dos cuerpos heterogéneos iguales, sea en masa, sea en volúmen, es menester casi siempre comunicarles cantidades desiguales de calórico. Si por ejemplo, se ha de comunicar á un medio kilogramo (una libra) de agua una cantidad de calórico representada por el número 8, para elevar su temperatura desde el grado dos del termómetro de mercurio hasta el sexagésimo no será menester para elevar á la misma temperatura un medio kilogramo (una libra) de limaduras de hierro desde el grado dos del termómetro de mercurio hasta al sesenta, mas que una cantidad de calórico representada por el número 1. La esperiencia confirma esta verdad, y de ella se infiere que para producir la misma mutacion de temperatura en dos pesos iguales de agua y de hierro es menester comunicar al agua ocho veces mas calórico que al hierro. La representacion de estas cantidades de calórico, que es menester comunicar á pesos iguales de sustancias heterogéneas para ocasionar la misma mutacion en su temperatura, es lo que se indica por *capacidad de los cuerpos para admitir el calórico entre sus moléculas*, ó mas simplemente con la voz *capacidad*. La capacidad de los cuerpos es pues una medida que nos indica la cantidad de calórico que es menester comunicarles para elevar su temperatura de un cierto número de grados, con tal que estos cuerpos no muden de estado durante el aumento de temperatura. Asi por el ejemplo citado, decimos que la capacidad del agua es

á la del hierro desde el grado dos del termómetro de mercurio hasta al sesenta, como 8 á 2.

726. Pesos iguales de materias heterogéneas que reciben cantidades iguales de calórico esperimentan una mutacion de temperatura que es en razon inversa de su capacidad. Para establecer esta verdad, supongamos dos cuerpos A y B cuyas capacidades sean entre sí como 4 á 1. Comuníquense á pesos iguales de estos cuerpos heterogéneos iguales cantidades de calórico; si esta cantidad de calórico aumenta la temperatura de A de un grado, la temperatura de B será aumentada de cuatro grados por la misma adicion de calórico, y de consiguiente el aumento de temperatura en el cuerpo A será al aumento de temperatura en el cuerpo B, como 1 á 4; pero la capacidad del cuerpo A es á la capacidad del cuerpo B, como 4 á 1; luego su variacion de temperatura está en razon inversa de su capacidad.

727. Para determinar la capacidad de diferentes cuerpos es menéster considerarles como teniendo pesos iguales, y temperatura semejante, ó como teniendo volúmenes iguales y la misma temperatura; y la diferencia entre los resultados de estas comparaciones será como la diferencia que hay entre las gravedades específicas de las sustancias comparadas.

728. Los físicos se han ocupado en determinar la capacidad de los cuerpos: se han servido hasta aqui, como de punto de comparacion, de la igualdad de pesos. Si se quisiera establecer sobre la igualdad de volúmenes, seria absolutamente necesario anunciarlo. Esta esplicacion es inútil, cuando la determinacion de capacidad está fundada en la igualdad de pesos.

729. Dos cuerpos iguales sea en masa, sea en volúmen reducidos á la misma temperatura contienen casi siempre cantidades desiguales de calórico. Estas cantidades las significamos con la espresion *calórico específico*, el que por consiguiente comprende el calórico interpuesto y el combinado, é indica la cantidad total de calórico que contiene un cuerpo cuya temperatura es determinada relativamente con la que contiene otro cuerpo igual en masa y reducido á la misma temperatura. Decimos pues, cuando

dos cuerpos heterogéneos iguales en masa y teniendo la misma temperatura, contienen cantidades desiguales de calórico, que el calórico específico del uno es al del otro como tal número es á tal otro.

730. De lo que se acaba de decir resulta; 1.° que las espresiones *temperatura*, *capacidad*, y *calórico específico* son denominaciones adictas á números abstractos que pueden servir para establecer relaciones, y de consiguiente para fijar medidas.

731. 2.° Que las espresiones *calórico combinado* y *calórico interpuesto* son espresiones empleadas para significar *modos de estar del calórico*.

732. El mercurio esperimenta en el termómetro dilataciones y condensaciones que, desde 0 hasta 100 grados (escala centígrada) son poco mas ó menos proporcionales á las cantidades de calórico que se le comunican. Quiero decir que si para dilatar el mercurio desde el grado dos del termómetro hasta al tercero es menester comunicar una cantidad de calórico espresada por el número 3, será menester la misma cantidad de calórico para dilatarle desde el grado trigésimo hasta al trigésimo primero. Ninguna esperiencia decisiva justifica esta asercion. No obstante es verosimil que no se aleja sensiblemente de la verdad.

733. La capacidad de un cuerpo es permanente mientras que la misma cantidad de calórico que eleva su temperatura de un cierto número de grados (medidos por un termómetro, cuyas dilataciones sean proporcionales á los aumentos de calórico), le eleve de un mismo número de grados en toda otra temperatura; al contrario la capacidad es aumentada ó disminuida cuando despues de esta variacion es menester comunicarle mas ó menos calórico para que produzca la misma dilatacion en el mercurio del termómetro. Un ejemplo aclarará esta definicion. Supóngase que á un dado peso de agua es menester comunicarle una cantidad de calórico espresada por el número 8 para elevar su *temperatura* desde el grado primero del termómetro de mercurio hasta al noveno: si despues es menester para elevar la temperatura de esta misma cantidad de agua, desde el grado 31 hasta al 39, comuni-

carle una cantidad de calórico igualmente espresada por el número 8, podremos decir que la capacidad del agua es permanente desde el término de su congelacion hasta al de su ebulicion; pero si la cantidad de calórico necesaria para elevar la temperatura del agua desde el grado 31 hasta al 39, fuera mayor que la que se necesita comunicarle para elevar su temperatura desde el primer grado hasta al noveno; diríamos que la capacidad del agua va creciendo continuamente desde el término de su congelacion hasta al de su vaporizacion, y en el caso contrario diríamos que, segun la misma escala, la capacidad del agua va decreciendo.

734. Ninguna esperiencia indica aun con exactitud la marcha de las *capacidades*. Son ó no permanentes mientras los cuerpos no mudan de estado? Este es un problema que en el actual estado de conocimientos no es posible resolverlo de un modo satisfactorio. Al presente no se puede mas que formar conjeturas sobre este objeto. Por tanto la negativa parece fundada sobre un mayor número de probabilidades.

735. Se conocen dos medios de determinar la capacidad; el primero que se debe al *Dr. Crawford*, consiste en mezclar juntos pesos ó volúmenes iguales de sustancias heterogéneas, cuyas *temperaturas* son diferentes, y en observar la temperatura de la mezcla; las capacidades estan en este caso en razon inversa de las mutaciones de temperatura.

Primer esperimento. Tómese medio kilogramo (una libra) de agua á 1 grado, y medio kilogramo (una libra) de limaduras de hierro á 10 grados; mézclense juntas. La temperatura de la mezcla es de 2 grados.

Este esperimento prueba que la misma cantidad de calórico que eleva la temperatura de medio kilogramo de hierro á 8 grados no puede elevar la de una igual cantidad de agua mas que de un grado: de que se sigue, asi como se ha visto ya, que la capacidad del agua es á la del hierro como 8 á 1; pero se acaba de probar que las mutaciones de temperatura estaban en estas dos sustancias como 1 á 8: de lo que se puede concluir que sirviéndose de este método, es decir, mezclando pesos iguales de sus-

tancias heterogéneas que tengan diferentes temperaturas, y obsservando la temperatura de la mezcla las capacidades de estas sustancias estan en razon inversa de su mutacion de temperatura.

736. Ademas que este método no puede emplearse en muchas circunstancias, es claro que la facultad conductriz del aire y de los vasos que encierran las mezclas debe oponerse á la precision de los resultados. Estos inconvenientes movieron á Lavoisier y Laplace á imaginar un método mas general y exacto. Consiste en calentar los cuerpos, colocarles en seguida en medio de una esfera hueca de hielo, y en recoger la cantidad de agua formada; las *capacidades* estan en este caso en razon directa de las cantidades de hielo licuado.

Segundo esperimento. Pónese medio kilogramo (una libra) de agua á 60 grados dentro una esfera hueca de hielo, ó dentro un aparato propio para sustituirla. Este medio kilogramo de agua á 60 grados licua medio kilogramo (una libra) de hielo.

Tercer esperimento. Póngase dentro del mismo aparato medio kilogramo (una libra) de limaduras de hierro á 60 grados. Este medio kilogramo de limaduras de hierro á 60 grados licua como 60 gramos (2 onzas) de hielo.

Estos esperimentos combinados demuestran que las cantidades de hielo licuado por pesos iguales de agua y hierro que tengan la misma temperatura, son entre sí como un medio kilogramo (una libra) es á 60 gramos (2 onzas), es decir, como 16 á 2, ó como 8 á 1; pero se ha visto antes que la capacidad del agua era á la del hierro como 8 á 1: luego se puede concluir que sirviéndose del aparato de hielo, la capacidad de los cuerpos que se examinan estando en la misma temperatura, y empleándose en pesos iguales, es en razon directa de las cantidades de hielo licuado.

737. Seria sin duda dificil procurarse esferas huecas de hielo para hacer los esperimentos que se acaban de referir; y aun cuando pudieran procurarse fácilmente, ofrecerian muchos inconvenientes en la práctica. Estos motivos condujeron á *Lavoisier* y *Laplace* á suplirlas por un aparato al que dieron el nombre de *calorímetro.*

Este consiste en tres cuerpos circulares casi inscritos los unos en los otros, de suerte que resultan tres capacidades: la capacidad interior está formada por una rejilla de hilo de hierro sostenida de algunos montantes del mismo metal; en esta capacidad cuya parte superior se cubre con una tapa, se colocan los cuerpos que se sujetan á la esperiencia. La capacidad media sirve para contener el hielo que rodea la capacidad interior; este hielo está sostenido y mantenido por una rejilla bajo de la que hay un tamiz; á medida que el hielo se licúa el agua marcha al traves de la rejilla y del tamiz, reuniéndose en un vaso colocado debajo: la capacidad esterior contiene el hielo que debe impedir la penetracion del calor esterior.

Para hacer uso de esta máquina, se llena de hielo machacado la capacidad media, y la tapa de la esfera interior: se hace lo mismo en la capacidad esterior y tambien en la tapa general de toda la máquina: se deja escurrir el hielo interior, y cuando no da mas agua se abre la tapadera de la capacidad interior para introducir el cuerpo que se quiera sujetar á la esperiencia é inmediatamente se cierra. Se espera que el cuerpo se ponga en el grado de calor 0, temperatura ordinaria de la capacidad interior, y se pesa la cantidad de agua producida; este peso mide exactamente el calor que se ha separado del cuerpo, por ser la licuacion del hielo el efecto de este calor. La duracion de esta especie de esperimentos es de 15 á 20 horas.

Conviene para servirse con utilidad de esta máquina; 1.° que el calor del aire no sea bajo 0, porque en este caso el hielo interior recibirá un frio inferior á 0; 2.° que no haya comunicacion alguna entre la capacidad esterna y la media.

738. Todos los cuerpos espuestos á la accion del calórico, absorven, licuándose y vaporizándose, una cantidad de este fluido que se combina con sus moléculas, y que no aumenta su temperatura; pero cuando vuelven á su primer estado pierden una cantidad de calórico absolutamente igual á la que habian antes absorvido.

739. Sobre este principio generalmente reconocido, cuyo

descubrimiento se debe al célebre *Black*, apoya la teoría del calórico. Pronto tendremos ocasion de darle la estension que le conviene.

§ V.

Del calórico radiante.

740. El calórico radiante es el que sale de todo cuerpo incandecente ó solo calentado, bajo la forma de rayos rectilíneos. *Scheele* fue el primero que observó las propiedades que le distinguen.

1.º El aire le ofrece un paso libre y fácil sin alterar ni su escesiva velocidad, ni su direccion rectilínea.

2.º Los espejos metálicos cóncavos tienen la propiedad de reflejar el calórico, y de concentrar en su foco toda la accion de este fluido. Los espejos de vidrio no tienen esta propiedad. *Scheele* observó que estos absorven el calórico radiante, que no reflejan ó transmiten sino en fluido luminoso, hasta tanto que el vidrio sea bastante calentado para dar por sí mismo calórico radiante.

Sosure, *Pictet* y *Rumford* se han dedicado al examen de la propiedad que tiene el calórico radiante de ser reflejado por los espejos metálicos, y han confirmado su existencia por medio de los esperimentos que siguen.

Primer esperimento. Dispuestos dos espejos metálicos cóncavos puestos el uno frente del otro, y separados por una distancia de 12 pies (cerca 4 metros) colocando en uno de los focos una bala de hierro roja pero resfriada, hasta al punto de no ser mas luminosa, aun en la oscuridad; puesto un termómetro en el otro foco que señalaba 4 grados encima cero, subió en 6 minutos á 14 grados, al paso que otro termómetro situado fuera del foco á la misma distancia de la bala no subió sino á 6 grados.

Este esperimento prueba que la presencia de los espejos determina la reflexion del calórico radiante que sale de la bala, para concentrarle en el foco que ocupa el termómetro.

Segundo esperimento. Conservando los espejos la misma dis-

posicion, *Mr. Pictet* colocó en el foco del uno un termómetro de aire, y un matras lleno de nieve en el foco del otro. El termómetro no tardó en bajar de muchos grados, y volvió á subir inmediatamente que se quitó el matras; se volvió á poner el matras en el foco del mismo espejo, y se echó ácido nítrico sobre la nieve; resultó de esto un aumento de frio que produjo en el termómetro una depresion de 5 á 6 grados como si el frio fuera reflejado.

Este esperimento no se diferencia del precedente sino en que las emanaciones del calórico toman una marcha inversa. En el primero el calórico marcha de la bala, es reflejado por el espejo cuyo foco ocupa, y los rayos reflejados cayendo paralelos sobre el otro espejo son reflejados hácia su foco que ocupa el termómetro, lo que determina el ascenso del mercurio: en el segundo el calórico marcha del termómetro, y va despues de dos reflexiones á concentrarse en el foco que está ocupado por el matras de nieve, lo que exige bajada de la columna de mercurio. Se ve pues que es fácil esplicar los fenómenos que presenta el último esperimento, sin admitir la existencia de una materia frigorífica la que escapándose de la nieve, y reflejada sucesivamente por los espejos, vaya á concentrarse al foco ocupado por el termómetro, y á determinar su depresion.

741. Una circunstancia que me parece esencial, y de la que no se habla, seria la de colocar en el último esperimento un termómetro fuera del foco, tan distante del matras de nieve como el que ocupa el foco, y observar la depresion del mercurio en los dos termómetros; porque se concibe fácilmente que la presencia de los espejos determina la reflexion del calórico radiante que marcha del termómetro, y que sin ellos seria perdido para el matras lleno de nieve. Pero lo que me parece dificil de entender es que la presencia de los espejos determine de parte del termómetro una emision de calórico mas abundante que si ellos no estuvieran.

742. *Mr. Rumford* hizo con el auxilio de los espejos metálicos cóncavos de quince pulgadas de diámetro, y quince pulgadas de foco, esperimentos parecidos á los que se acaban de describir: el resultado fue el mismo, la esplicacion debe ser la misma.

El autor deduce no obstante de estos esperimentos que el calórico no puede tener existencia real. La comunicacion del calor le parece análoga á la del sonido; el cuerpo frio, en uno de los focos, obliga al cuerpo caliente, al termómetro, que se halla en el otro á mudar de temperatura.

§ VI.

De las relaciones que hay entre el calórico y el fluido luminoso.

743. El calórico es una modificacion del fluido luminoso, ó bien el fluido luminoso es una modificacion del calórico? Tal es el problema que escita tiempo hace la sagacidad de los físicos, y del que hasta aqui se ha buscado en vano la solucion. Lo que hay de positivo es que el calórico y el fluido luminoso producen, en un grande número de casos, efectos muy diferentes. El fósforo, el diamante, la madera corrompida, las materias animales en putrefaccion, los insectos y los gusanos de luz esparcen á menudo una luz muy viva y brillante, sin escitar en nuestros órganos la menor sensacion que indica presencia de calórico. De otra parte casi todos los cuerpos de la naturaleza pueden sin llegar á ser luminosos ser calentados hasta el punto de hacernos sentir impresion de calor. Estas consideraciones son suficientes para hacernos distinguir con cuidado el fluido luminoso del calórico. Parece no obstante que estos dos fluidos no son mas que un solo é idéntico elemento diversamente modificado. Esta opinion está fundada en poderosos motivos los que se van á esponer.

1.° Muchos cuerpos calientes iluminan si el calor aumenta, y la luz cesa si el calor disminuye; el hierro incandecente luce, pero su luz desaparece desde el momento que el calor disminuye.

2.° En los rayos que nos vienen del sol, el calor está íntimamente unido con la luz; los cuerpos que reflejan abundantemente el fluido luminoso se calientan lentamente; los que son penetrados por este fluido en mayor cantidad se calientan mas prontamente; y el fluido luminoso penetrando un cuerpo no le comunica siempre la propiedad de difundir una luz sensible con calor. Diferen-

tes piedras calcinadas lucen en la oscuridad; la luz que difunden disminuye gradualmente y acaba desapareciendo del todo; pero se puede renovar muchas veces, esponiendo estos cuerpos á la accion de los rayos solares.

Muchas piedras calcáreas gozan de la misma propiedad sin hacerlas sufrir calcinacion alguna, sea que se las sujete á la influencia directa de los rayos solares, sea que se las esponga solamente durante algun tiempo á la luz del dia en el lugar en que el sol no penetre directamente. En todas estas sustancias de naturaleza de piedra, la luz no se comunica sin calor; y en los casos en que el calor es débil la luz comunicada es tambien débil; pero en otros casos, cuerpos sujetos á la accion del sol, por fuerte que sea, se calientan sin difundir luz.

3.° Aunque todos los dias se observen cuerpos que escitan la sensacion de calor sin escitar la de la luz, no se puede de esto deducir que realmente no se haya producido luz; porque muy á menudo no nos es sensible una luz débil que de otra parte hiere vivamente ojos de otros mejor organizados: de que se sigue que puede haber luz aunque no se perciba, sobre todo si el fluido que le da orígen sale de un cuerpo luminoso en muy pequeña cantidad.

De la misma manera el calor puede ser de tal modo debilitado en un cuerpo que no nos sea sensible; porque sucede á menudo que no sentimos en ciertas ocasiones un calor que aunque disminuido hace en otro tiempo una impresion sensible en nuestros órganos; por lo que no podemos asegurar que no haya calor, aunque no nos sea sensible.

En vano para combatir esta opinion, se diria que el fluido luminoso reflejado por la luna y concentrado por medio de una lente fuerte jamas ha producido calor. La luna no refleja mas que una muy pequeña cantidad de fluido luminoso enviado del sol, como lo demuestra la oscuridad aparente de una grande parte de su disco, y la parte de fluido luminoso reflejado por la luna se debilita en seguida considerablemente antes de llegar á nosotros; por lo que no es de estrañar que la luna no pueda producir calor sensible.

744. *Mr. Rumford* hizo esperimentos interesantes sobre los efectos químicos del calórico y del fluido luminoso que nos viene del sol, los que parecen confirmar la identidad de estas sustancias.

Primer esperimento. Este físico impregnó de disolucion de oro seda blanca, tela de lino y magnesia blanca, y esponiendo en seguida estas sustancias á la accion de los rayos solares, ó al calor de una bugía encendida tomaron un hermoso color de púrpura, al paso que en la oscuridad no sufrieron mutacion alguna: cuando no estaban húmedas el calórico y el fluido luminoso produjeron poca alteracion; pero humectándolas se producia el efecto.

Con la disolucion de plata las mismas sustancias tomaban un color amarillo moreno, pero no tomaban color alguno en la oscuridad sin calor.

Segundo esperimento. Mr. Rumford sujetó á la accion de los rayos solares un frasco que encerraba pedazos de carbon, y una disolucion de oro; pronto el oro estuvo completamente reducido; la disolucion de plata sufrió la misma reduccion. Iguales frascos fueron encerrados en cilindros de hoja de lata y espuestos al calor de agua hirviendo; el resultado fue el mismo, de manera que el calor del agua hirviendo produjo un efecto semejante al de los rayos solares.

Mr. Bertholet repitió estos esperimentos sobre la disolucion de plata, adaptando al frasco un tubo para examinar el gas que pudiera desprenderse, y obtuvo en una y otra circunstancia una mezcla de gas nitroso y ácido carbónico; espuso tambien á la accion de los rayos solares, y del agua hirviendo ácido nítrico en el que habia puesto fragmentos de carbon, y se desprendió igualmente en una y otra tentativa gas nitroso y ácido carbónico.

Tercer esperimento. Mr. Rumford sujetó á la accion de los rayos solares la disolucion de muriate de oro en éter, y observó que se reducia pronto el oro al estado metálico, al paso que esta disolucion se conservaba en la oscuridad sin esperimentar la mas ligera alteracion: la disolucion de oro y la de plata mezcladas con el aceite de olivas, espuestas despues á la accion sea de los rayos solares, ó bien del calor, se redujeron igualmente.

Estos esperimentos nos presentan efectos semejantes producidos por el calórico y por el fluido luminoso, haciendo variar la intensidad de accion de una y otra de estas sustancias. No obstante el fluido luminoso separa gas oxígeno del ácido muriático oxigenado y del ácido nítrico al paso que el calórico no puede producir este efecto sino cuando los ácidos estan retenidos por un álcali que les pone en estado de esperimentar la accion de una alta temperatura. Procuremos descubrir la causa de esta diferencia.

En el ácido muriático oxigenado el fluido luminoso no pudiéndose combinar sino con el oxígeno, ejerce esclusivamente su accion sobre esta sustancia, produce en ella sola los efectos de una alta temperatura, de manera que vuelve á tomar el estado aeriforme como habria hecho en una temperatura elevada.

Si el ácido muriático oxigenado se sujeta á la accion del calórico, este ejerce una accion igual sobre todo el líquido, cuya temperatura elevándose vuelve volátiles al agua, y al ácido muriático; de manera que el líquido pasa en la destilacion sin que se haya establecido una diferencia que pueda producir la separacion del oxígeno; pero si el ácido muriático está encadenado con una base alcalina, su temperatura puede llegar á ser bastante considerable para que tenga lugar la separacion del oxígeno.

Por lo que si el fluido luminoso produce la separacion del gas oxígeno del ácido muriático oxigenado, del ácido nítrico, de una planta que vegeta es menester concluir que ha entrado en combinacion, que ha suministrado el calórico que faltaba al gas que se desprende, y que elevando su temperatura ha aumentado su elasticidad; y si el calórico no puede producir el mismo efecto es porque en las notadas circunstancias no puede formar semejante combinacion.

§ VII.

En que se sujetan á la teoría del calórico fenómenos que á primera vista parecen contrariarla.

745. Se ha visto en los artículos precedentes que la hipótesis del calórico se acomoda fácilmente á la esplicacion de los fenóme-

nos; falta no obstante que sea generalmente admitida; cada dia se presentan nuevos físicos para combatirla. Los unos miran la existencia del calórico como insuficiente para esplicar los fenómenos del frio, y recurren á este fin á una materia frigorífica; otros en cuya frente se halla el célebre *Rumford*, deponen contra la existencia del calórico; segun ellos el calor no es mas que el efecto de un movimiento vibratorio escitado en las partecillas de los cuerpos calientes y de los fluidos que les rodean.

Entre el grande número de esperimentos que *Rumford* ha publicado sobre este objeto, examinaremos los principales, aquellos sobre todo que le parecen mas propios para establecer su opinion.

El autor se ocupa al principio en buscar cual es la duracion del enfriamiento de una dada cantidad de líquido, entre dos términos de temperatura y en circunstancias iguales, salva la naturaleza, y ciertas modificaciones de los continentes de que este líquido está rodeado.

Para encerrar el líquido que se habia de enfriar hizo construir cuatro vasos cilíndricos de laton muy delgados, casi iguales; tenian 108 milimetros (4 pulgadas) de diámetro sobre 108 de altura; tenia en el centro de la plancha circular que cerraba la seccion superior del cilindro, un gollete mas estrecho de la misma figura, por el que se introducia el termómetro, cuya capacidad ocupaba toda la longitud del eje del cilindro: en el centro de la plancha opuesta estaba soldado un cubo igualmente cilíndrico en el que entraba al pie que sostenia el aparato, con cuya disposicion ofrecia al aire ambiente un libre acceso casi en toda la superficie del vaso. Dos de estos vasos numerados 1 y 2 fueron cubiertos por encima y por debajo de una capa permanente de plumazon, y de piel etc., encerrados en dos cajas cilíndricas de madera, que servian de fondo y de cobertera, se dejaron los otros dos 3 y 4 sin cobertor en las dos estremidades.

Se empleaban en cada esperimento los dos aparatos por pares; el uno de los vasos desnudo, y el otro vestido, y la primera de estas disposiciones servia siempre de término de comparacion. Un termómetro suspendido en el aire del cuarto indicaba su tempe-

ratura durante el esperimento; los postigos estaban cerrados para evitar todo calor parcial, á escepcion de uno solo que se abria de tiempo en tiempo para ver los grados del termómetro y notarlos.

Primer esperimento. El aparato núm. 1 lleno de agua caliente, y dejado desnudo se puso á enfriar en el aire tranquilo, en el mismo tiempo que el aparato núm. 2, cubierto de un lienzo fino de Irlanda estrechamente aplicado. El primero empleó 55 minutos para bajar desde 94 á 84°; el segundo cubierto de lienzo perdió la misma cantidad de su calor en 36 minutos y medio.

La diferencia de los tiempos empleados por los dos aparatos para perder la misma cantidad de calórico, reconoce por causa la diferente fuerza conductriz de los ambientes: el de lienzo ofrece sin duda un paso mas fácil á la evasion del calórico, que la capa atmosférica.

Segundo esperimento. El autor bajó los dos aparatos enfriados á la temperatura de 42°, á un cuarto cuya temperatura era de 62°; observó que el aparato cubierto de lienzo adquirió el calor mucho antes que el otro que estaba desnudo.

El efecto producido en este esperimento confirma la esplicacion del primero, á saber que la capa de lienzo es mejor conductor del calórico que el aire.

Tercer esperimento. El autor sustituyó en el núm. 2 á la cubierta de lienzo una capa de cola, cuando estuvo bien seca y endurecida, llenó de agua caliente los dos aparatos, y observó el enfriamiento de 10 grados. El núm. 1 empleó 55 minutos, y el núm. 2 cubierto de una capa de copal, solo 43¼, es decir siete minutos mas que con la capa de lienzo. Sigamos un instante á *Rumford* en los raciocinios que hace sobre este esperimento.

,,Si la capa de cola que es la verdadera superficie del cuerpo caliente, ha acelerado su enfriamiento facilitando la aproximacion y el contacto pasagero de una serie de particulas de aire frio contra la superficie de la capa, como la presencia de una sola capa de esta investidura ha debido separar tan bien la lámina de aire presumida adherente al metal, como lo habrian podido hacer dos ó un mayor número de capas de la misma materia, la pre-

sencia de dos capas no deberia, en este caso, producir mas efecto que una sola; pero si el enfriamiento del aparato en este esperimento no fuera acelerado por influjo de la investidura sobre la circulacion del aire ambiente, ó por alguna circunstancia que facilitára y aumentára estas radiaciones, que se sabe ser producidas por la presencia de cuerpos calientes, en este caso se puede presumir que dos capas de cola producirian mayor efecto que una sola." Estas reflexiones le condujeron al siguiente esperimento, que mira como decisivo.

Instrumentos.	*Enfriamiento de* 10°
	Minutos.
Núm. 1. Superficie metálica desnuda................	$55\frac{1}{6}$
Núm. 2. Superficie metálica cubierta de dos capas de cola.	$37\frac{5}{8}$

Dos capas aceleraban evidentemente el enfriamiento; entonces despues de haberlas quitado con el agua caliente les sustituyó una serie de capas de barniz transparente ó copal, desde una hasta ocho. La tabla que sigue es la de los resultados.

N.os de los esperimentos.	*Circunstancias.*	*N.° 2 barniz.*	*N.° 1 desnudos.*
		Minutos.	Minutos.
Núm. 4.........	Una capa de barniz.	42	$55\frac{1}{2}$
5.........	Dos capas........	$35\frac{3}{4}$......	$55\frac{1}{4}$
6.........	Cuatro capas......	$30\frac{1}{4}$......	$55\frac{1}{2}$
7.........	Ocho capas........	$34\frac{1}{4}$......	55

Se ve que el efecto acelerado resultante de la presencia de las capas de barniz, tiene un *maximum* que en estos esperimentos corresponde á cuatro capas; el liquido encerrado se enfria entonces casi con una velocidad doble que cuando el vaso no está revestido.

Rumford mira este esperimento como decisivo contra la hipótesis del calórico; veamos si suponiendo la existencia de este fluido podremos dar de él una esplicacion satisfactoria. La idea pri-

mera que se presenta es que el barniz facilita la espansion del calórico por el esceso de su fuerza conductriz sobre la del fluido atmosférico, y entonces cada capa de barniz facilitaria la disipacion de calórico, lo que no concuerda con los resultados de la tabla precedente. Pero la fuerza conductriz no es la sola causa que influye sobre la mayor ó menor disipacion de calórico en un tiempo dado, sino que la capacidad de los cuerpos ambientes debe tambien entrar en consideracion. La sustancia empleada para formar las capas es un barniz de copal que tiene mucha capacidad, y poca conductibilidad para el calórico; suponiendo, lo que parece conforme con la esperiencia, que su capacidad es mayor, y su conductibilidad menor que la del aire ambiente, es evidente que por una parte la adicion de una capa de barniz necesita una mayor pérdida de calórico; y que por otra su poca conductibilidad debe retardar la marcha de este fluido; y siendo el primer efecto superior al segundo la cantidad de calórico perdido en el mismo tiempo será mayor. Una segunda, una tercera, una cuarta capa produce el mismo efecto. La disipacion de calórico ocasionada por la capacidad, y su concentracion producida por el defecto de conductibilidad, aumentan á un mismo tiempo, pero en diferente proporcion: hay un punto en que son iguales, este es el *maximum* de la pérdida de calórico; mas allá de este limite el efecto producido por la segunda causa supera al que nace de la primera, y de consiguiente nuevas capas no hacen mas que impedir el derramen de calórico.

Cuarto esperimento. El autor tomó dos esferas iguales de vidrio, colocó en el centro de cada una un termómetro de mercurio cuyo tubo lo soldó con el globo, el uno de estos globos estaba vacio de aire, y el otro no, les sumergió en agua en diferentes temperaturas; el resultado de muchos esperimentos fue:

1.º Que el calor se comunicaba al traves del vacio mas lentamente.

2.º Que se comunicaba dos veces mas veloz en la esfera llena de aire.

Este esperimento lejos de contrariar la hipótesis del calórico

parece comprobar la existencia de este fluido; porque si el calor se propaga en el vacío, es independiente de un movimiento vibratorio escitado en las moléculas de que se componen los cuerpos, y de consiguiente la causa que le da orígen es una sustancia particular y distinta de toda otra.

Quinto esperimento. Tomó el autor una esfera metálica de 226 milimetros (12 pulgadas) de diámetro; la atravesó con una barra metálica fijada por su parte inferior en fuertes tablones, y soldada por esta parte con el globo metálico, que tiene un ancho gollete dirigido hácia arriba; la barra metálica lleva en su centro una doble esfera, las que cuando gira la barra se rozan mutuamente. Si se hace dar vueltas con una cierta velocidad á la barra metálica, el calor que se produce es tan considerable que hace hervir el agua de que se llena la grande esfera; este calor se perpetúa durante un tiempo indefinido, es decir tanto tiempo como se hace rodar la barra de hierro.

„De dónde viene este calor? esclama *Rumford*. Me ha parecido siempre, responde, imposible de esplicar los resultados de este esperimento, sin adoptar la antiquísima teoría que se funda en la suposicion de que el calor no es otra cosa que un movimiento vibratorio en las partículas de que se compone el cuerpo."

Cuando se hace girar la barra metálica, las dos esferas que lleva en su centro se frotan mutuamente, y la frotacion es tanto mas considerable cuanto la rotacion de la barra metálica es mas rápida; pero el rozamiento ocasiona en los cuerpos frotados una disminucion de volúmen producido por la compresion, lo que determina desprendimiento de calórico; luego en el esperimento que nos ocupa, las dos esferas que la barra metálica lleva en su centro deben dejar desprender una cantidad de calórico tanto mayor; 1.° cuanto la barra gira con mas velocidad; 2.° cuanto mayor es la masa de las esferas, porque las superficies que se frotan no contribuyen solas al desprendimiento de calórico, sino todas las partes de las dos esferas; estas esperimentan en todos sus puntos una condensacion aunque de un modo desigual, por el esfuerzo de la espansion de la parte mas comprimida, y que esperimenta

la mas alta temperatura sin poder tomar las dimensiones que le convienen, sobre las partes menos calientes y mas dilatadas; de manera que las dos esferas deben esperimentar en todas sus partes una condensacion que disminuye desde el punto de la mas fuerte compresion hasta la superficie, y de consiguiente el desprendimiento de calórico debe ser tanto mayor cuanto mas considerable es la masa de las esferas. Si de otra parte estas esferas son metálicas, de hierro por ejemplo, que tiene mucha capacidad para el calórico, es fácil concebir que el rozamiento mutuo puede determinar el desprendimiento de una cantidad de calórico suficiente para hacer entrar en ebulicion el agua contenida en la grande esfera. Asi este esperimento de *Rumford* no contraria la teoría del calórico.

Merece citarse aqui un esperimento interesante que *Mollet*, profesor de física en Lion, ha dado á conocer.

Un obrero de san Estevan, que trabajaba en la manufactura de armas, observó que el aire comprimido y desprendido con velocidad de un cañon de fusil deja percibir en el estremo del fusil una ráfaga de luz. *Mollet* procuró descubrir lo que pasaba en este esperimento; puso un pedacito de trapo en la culata de una escopeta de viento, y vió que comprimiendo el aire el trapo se inflamaba. *Nicholson* dice que *Felcher* habia ya hecho un esperimento igual en Inglaterra.

Es evidente que en este esperimento y en todos los demas del mismo órden, la compresion del aire exige necesariamente desprendimiento de calórico, con que la temperatura se eleva, y puede llegar á ser suficiente para determinar la inflamacion del trapo.

CAPÍTULO II.

DE LA INFLUENCIA DEL CALÓRICO SOBRE LA FORMACION DE LOS CUERPOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y AERIFORMES.

746. Acumulándose el calórico en los cuerpos separa sus moléculas, y cuando los penetra hasta á un determinado punto, les

comunica propiedades del todo nuevas, tales como la liquidez y la fluidez aeriforme. La naturaleza nos ofrece continuamente admirables pruebas de esta verdad; pero para no multiplicar los ejemplos limitémonos al que nos ofrece el agua en su paso del estado de hielo al de liquidez: esta especie de metamorfósis reconoce siempre por causa la absorcion de una cierta cantidad de calórico. Si se le comunica una nueva cantidad de calórico el agua esperimentará una nueva transformacion, perderá la liquidez para adquirir la fluidez aeriforme.

Por tanto agua líquida no es otra cosa que un compuesto de agua sólida y de una determinada dósis de calórico; y agua en estado de vapor es la misma combinacion con mayor cantidad de calórico. Esta propiedad del agua pertenece á todos los cuerpos de la naturaleza: todos son susceptibles de pasar por estos diferentes estados por medio de una suficiente cantidad de calórico, y si hay cuerpos tales como el diamante, y el cristal de roca que hayan parecido al principio resistir á este paso, busquemos la causa en la dificultad en que nos hallamos de furnir la cantidad de calórico necesaria para la volatilizacion de estas sustancias.

747. Tal es la teoría de la formacion de los fluidos aeriformes. Todos son compuestos de calórico, y de una sustancia con la que el calórico está combinado, á que llamamos la *base*. Los fluidos aeriformes deben pues llevar dos nombres, el uno que esprese su combinacion aeriforme con el calórico, tal es la voz genérica de aire ó gas, y el otro específico que designa la base de cada gas.

748. Pues que el calórico dilata todos los cuerpos apartando sus moléculas, se puede considerar su efecto sobre estas mismas moléculas como el de una fuerza repulsiva opuesta á la fuerza de cohesion que tiende sin cesar á reunirlas.

Para seguir mejor el juego de la accion de estas fuerzas en la formacion de los cuerpos tales como se hallan en estado natural, es decir en la temperatura y presion habitual en que se hallan, supónganse desde luego todos los cuerpos de la naturaleza enteramente despojados de calórico. La ausencia de este fluido está

señalada por la aproximacion de sus moléculas integrantes; todas ceden á la fuerza de atraccion que las sujeta; las sustancias gaseosas pierden su fluidez aeriforme, los fluidos su liquidez; todos los cuerpos, en una palabra, no presentan á los ojos del físico mas que un conjunto de moléculas que se hallan en contacto inmediato. Aparezca de nuevo el calórico, supónganse todos los cuerpos sumergidos de nuevo en un baño de este fluido, y calculemos si es posible los efectos que deben resultar de su presencia.

749. 1.º Es claro segun los principios establecidos en uno de los capítulos precedentes, que todos los cuerpos tomarán una porcion de calórico al principio proporcional á su atraccion para este fluido, y despues á la capacidad que tendrán para contenerle: de que se sigue que aun aquellos que tengan la misma masa, si son de diferente especie, no tomarán igual cantidad.

750. 2.º El calórico se combinará, segun las leyes de la atraccion, con las moléculas integrantes de los cuerpos, y les comunicará una fuerza repulsiva opuesta á la fuerza de cohesion. Pero á medida que esta combinacion se efectuará, la atraccion de las moléculas para el calórico sufrirá una disminucion tal, que cuando esta atraccion haya llegado á su término de saturacion, las moléculas no podrán admitir entre sí mas que calórico libre, dispuesto siempre á escaparse por el contacto de los cuerpos cuya atraccion para el calórico no esté satisfecha.

751. 3.º La fuerza repulsiva á que dará origen el calórico combinado será diferente en estos diferentes cuerpos, pero en todos hasta en aquellos en que sea la menor posible, tendrá lugar la separacion de las moléculas integrantes; porque cuando todos los cuerpos estaban enteramente privados de calórico, sus moléculas integrantes se tocaban inmediatamente; la fuerza atractiva habia llegado á su término de saturacion; por lo que la menor fuerza repulsiva es suficiente para vencerla, y para producir de consiguiente la separacion de las moléculas. Pero luego despues la fuerza de atraccion aumenta, y si este aumento es tal que la fuerza atractiva llegue á igualar la fuerza repulsiva, este es el punto en que se establece el equilibrio entre las dos fuerzas, el que señala

el término de la separacion de las moléculas que determina el estado permanente de solidez, ó de liquidez de los cuerpos en la temperatura y presion habitual que esperimentan. Pero si la fuerza de atraccion no llega á igualar la fuerza repulsiva, las moléculas de los cuerpos, cediendo al impulso de esta última, sufren una separacion progresiva, que pronto las saca de la esfera de la actividad en que se ejerce la fuerza de cohesion, y entonces los cuerpos adquieren la fluidez aeriforme.

752. La mayor parte de los físicos esplican de un modo diferente la formacion de los cuerpos sólidos, líquidos y aeriformes. Los cuerpos dicen conservan el estado de solidez tanto como la fuerza atractiva de las moléculas supera la fuerza repulsiva comunicada por el calórico; pasan al estado de liquidez en el instante en que la fuerza atractiva es igual á la fuerza repulsiva: adquierén en fin la fluidez aeriforme cuando la fuerza repulsiva supera la de atraccion. Pero si en los cuerpos sólidos la fuerza atractiva domina sobre la repulsiva, ¿por qué las moléculas integrantes no ceden al impulso de aquella fuerza? ¿por qué no se aproximan hasta que esten en contacto inmediato? La fluidez aeriforme es constante que se debe á la superioridad de la fuerza repulsiva sobre la atractiva, aunque las moléculas no sufren una separacion indefinida. Se verá pronto que la presion de la atmósfera, junto con la pesadez de estos fluidos contraresta el esceso de la fuerza repulsiva sobre la fuerza atractiva, y determina el límite de la separacion de las moléculas. Esto no tiene lugar en los cuerpos sólidos. No existe fuerza alguna esterior que pueda contrarrestar en ellos el esceso de la fuerza atractiva sobre la repulsiva, y que por consiguiente pueda oponerse á la aproximacion de las moléculas mientras la fuerza atractiva sea victoriosa.

753. Sea lo que fuere de estos diferentes modos de esplicar la formacion de los sólidos, de los líquidos y de los fluidos aeriformes, no deja de ser verdadero que estos tres estados de los cuerpos son el efecto del calórico que se une á sus moléculas integrantes mas ó menos estrechamente, y en mayor ó menor cantidad segun su capacidad para contenerle.

En el paso de los sólidos al estado de liquidez se presenta un fenómeno que es la aplicacion de un principio que no se ha hecho mas que anunciarlo; este merece fijar un instante nuestra atencion. Este fenómeno consiste en que las nuevas cantidades de calórico que sobrevienen desde el momento en que empieza la liquidez, son absorvidas por los cuerpos á medida que lo reciben, y se emplean únicamente en licuar nuevas capas; de manera que un termómetro puesto en hielo que empiece á licuarse, queda estacionario en grado cero hasta tanto que este hielo esté enteramente fundido.

754. El mismo fenómeno se presenta con las mismas circunstancias en el paso de los líquidos al estado de fluidos aeriformes. Durante todo el tiempo que un líquido pasa al estado aeriforme las nuevas cantidades de calórico que recibe se emplean únicamente en convertir nuevas capas en fluido elástico, de manera que la temperatura del agua, por ejemplo, se mantiene constantemente en el caso de que se trata, á 100 grados (escala centígrada).

755. Suponiendo que los cuerpos no estuviesen sometidos mas que á la fuerza atractiva, y á la repulsiva comunicada por el calórico, no serian líquidos mas que durante un instante indivisible; en el mismo momento en que la fuerza repulsiva superaria la atractiva de las moléculas integrantes los cuerpos pasarian súbitamente al estado aeriforme.

El agua, por ejemplo, empezaria á hervir en el mismo instante en que dejase de estar helada; se transformaria súbitamente en fluido aeriforme, y sus moléculas sufririan una separacion indefinida. Una tercera fuerza, la presion de la atmósfera se opone á esta separacion; asi el agua conserva su liquidez desde cero hasta 100 grados del termómetro decimal. La cantidad de calórico que absorve en este intervalo no es suficiente para vencer la resistencia que opone á su vaporizacion la presion de la atmósfera. Sin la presion de la atmósfera no tendriamos liquidez constante; no veríamos los cuerpos en este estado mas que en el preciso momento en que se funden; el mas ligero aumento de calórico apartaria inmediatamente sus moléculas, las que irian á perderse en

la inmensidad del espacio. El esperimento que sigue apoya esta verdad.

Esperimento. Llénese de éter (1) un pequeño vaso de vidrio de un diámetro de 27 á 30 milimetros (cerca una pulgada), y de cerca 54 milimetros (2 pulgadas) de altura. Cúbrase el vaso con una vejiga humedecida, sujetada en el cuello del vaso por medio de un grande número de vueltas de un hilo fuerte. Para mayor seguridad se pone una segunda vejiga encima la primera, y se sujeta del mismo modo. Es menester que el vaso esté del todo lleno de éter á fin de que no reste parte alguna de aire entre el licor y el vaso. Se coloca en seguida bajo el recipiente de la máquina neumática cuya parte superior está guarnecida de una armadura atravesada de una varilla cuyo estremo termina en una punta muy aguda: adáptase un barómetro á este mismo recipiente, y para que sea completo el esperimento se introduce un pequeño termómetro en el vaso que contiene el éter. Dispuesto todo asi se hace el vacío en el recipiente, y despues haciendo bajar la varilla se rompe la vejiga.

El éter empieza pronto á hervir con una admirable actividad: se le ve vaporizarse y transformarse en fluido aeriforme que ocupa luego todo el recipiente. Si la cantidad de éter es bastante considerable para que acabada la vaporizacion queden aun algunas gotas en el vaso, el fluido aeriforme producido por la vaporizacion del éter sostiene el mercurio del barómetro adaptado á la máquina neumática cerca de 27 centímetros en invierno (10 pulgadas), y á 64 centímetros (cerca 24 pulgadas) durante los calores del verano.

Antes de hacer el vacío en el recipiente, el aire atmosférico pesaba en la superficie del éter, y oponia á su vaporizacion un obstáculo insuperable. Haciendo el vacío se ha suprimido el peso de la atmófera: por lo que se ha quitado el obstáculo que impe-

(1) *El éter es un licor inflamable, muy volátil, de una gravedad específica mucho menor que la del agua y aun que la del alcohol.*

dia la volatilizacion del éter, y este fluido cediendo al impulso de la fuerza repulsiva del calórico que supera la atractiva de sus moléculas, es transformado súbitamente en un fluido aeriforme dotado de una elasticidad suficiente para que el mercurio del barómetro suba á una determinada altura.

756. El éter que es liquido en el grado de temperatura en que vivimos, estaria constantemente en el estado aeriforme sin la presion de la atmósfera. Aun mas, si la gravedad de nuestra atmósfera no equivaliera mas que á 36 ó 40 centimetros de mercurio en lugar de 76 (28 pulgadas) no podríamos obtener el éter en estado liquido, á lo menos en los ardores del verano: no es pues de admirar que encima los montes elevados, en que la presion de la atmósfera es mucho menos considerable, no se pueda conservar el éter liquido. Para guardarle alli en este estado es menester emplear recipientes muy fuertes para condensarle, y unir el enfriamiento á la presion. Sin esta doble precaucion el éter pasa súbitamente al estado aeriforme, porque la presion de la atmósfera no opone obstáculo alguno bastante poderoso á su volatilizacion.

757. Es un hecho generalmente reconocido que la sangre tiene un grado de calor á poca diferencia igual á aquel en que el éter pasa del estado liquido al estado aeriforme: por lo que el éter debe vaporizarse en las primeras vias, y probablemente se deben á su vaporizacion los maravillosos efectos que produce.

758. El efecto del esperimento es el mismo si en lugar de éter se emplea alcohol, agua, mercurio, etc. Hay no obstante esta diferencia, que la cantidad de fluido vaporizado es menor cuando se opera con alcohol, que cuando se opera con el éter, menor aun con el agua, y sobre todo con el mercurio. Esta diferencia reconoce por causa el diferente grado de volatilidad de estos fluidos.

759. Todos estos hechos, cuyos ejemplos seria fácil multiplicar si los citados ya no fueran suficientes para completar la conviccion, nos conducen á concluir que todos los cuerpos de la naturaleza son susceptibles de existir en tres estados diferentes;

en el estado de solidez, en el de liquidez y en el de fluido aeriforme, y que estos tres estados de un mismo cuerpo dependen de la cantidad de calórico que está combinado con ellos.

760. Entre los fluidos aeriformes conocidos, los unos son *permanentes*, los otros *no permanentes*; los primeros son aquellos con quienes el calórico ha contraido una íntima union; estos conservan su fluidez aeriforme en cualquiera temperatura en que se les ponga; esta es la razon porque se les llama *permanentes*. Los fluidos aeriformes *no permanentes* son aquellos con quienes el calórico no está mas que débilmente unido: estos pierden su fluidez aeriforme siempre que esten muy comprimidos ó que se hallen en contacto con cuerpos á los que hayan de ceder parte de su calórico. Tal es el agua reducida al estado de vapor.

761. ¿Pero cómo se podrán estraer los fluidos aeriformes? ¿Cómo se recogerán en el momento que se separan? ¿Cómo se pasarán de un vaso á otro? Tales son las cuestiones que me parece útil resolver.

1.° Para recoger los fluidos aeriformes en el momento que se separan se ha imaginado un aparato conocido bajo el nombre de *aparato neumático-químico*, que consiste en una caja ó cuba de madera mas ó menos grande, forrada de planchas de plomo ó de hojas de cobre estañado.

Se distinguen en todos los aparatos de esta especie la tablilla y el fondo de la cuba. El intervalo que se halla entre estos dos planos es la cuba propiamente dicha. En esta parte hueca es donde se llenan los recipientes; en seguida se les da vuelta y se colocan sobre la tablilla, de manera que correspondan encima de un agujero que la tablilla tiene en medio. Este agujero está en medio de una cortadura á manera de embudo que se practica en la superficie inferior de la tablilla.

La cuba debe estar llena de manera que la tablilla esté siempre cubierta de 27 milimetros (una pulgada) de agua; debe tener bastante anchura y profundidad, para que haya á lo menos 324 milimetros (un pie) en todo sentido entre la tablilla y el fondo de la cuba, esta cantidad basta para los esperimentos or-

dinarios; pero hay circunstancias en que es indispensable mayor espacio.

Los vasos de que nos servimos para recibir y contener los fluidos aeriformes, son campanas de cristal: para transportarlas de una parte á otra nos servimos de platos guarnecidos de un reborde, y de dos asas para facilitar su transporte.

Cuando los fluidos aeriformes que se intentan recoger son susceptibles de ser absorvidos por el agua, nos servimos del aparato de mercurio; este está construido como el precedente, y se opera dentro el mercurio de la misma manera que en el agua. Nótese solamente que siendo la madera permeable por el mercurio, es temible, si sirve para material de la cuba, que las junturas se separen, ó que el mercurio se escape por las grietas. Es tambien fácil á romperse la cuba si se emplea el vidrio, loza ó porcelana para su construccion. Despues de haber ensayado diferentes materias, se ha preferido últimamente el mármol, por no tener ninguno de los inconvenientes que se notan en las demas sustancias de que se ha tratado.

2.º Se estraen los gases por medio del fuego, ó por medio de los ácidos.

Cuando se estraen por medio del fuego, se adapta en el orificio de la retorta un tubo corvo, cuya estremidad se sumerje en el agua de la cubeta neumato-química debajo de un recipiente lleno del mismo fluido.

Si se estraen los gases por medio de los ácidos se pone la mezcla que debe darlos dentro una botella de tubo corvo, cuyo estremo se sumerje en la cuba debajo de un recipiente lleno de agua ó de mercurio, segun que la cuba está llena de uno ú otro de estos fluidos.

3.º Para hacer pasar el gas de un vaso á otro, es menester, 1.º que este sea lleno de agua ó de todo otro fluido mas pesado que el aire; 2.º que la abertura de este vaso esté vuelta hácia bajo, y encima del agujero de la tablilla de la cuba neumato-química. Dispuesto todo asi se vuelve tambien boca abajo el vaso que contiene el fluido aeriforme, y se sumerje verticalmente en el

agua de la cuba, suponiendo que este vaso sea cerrado como un frasco; despues se destapa dentro el agua, y se inclina de modo que su boca esté en la escavacion de la tablilla; inmediatamente se escapa el gas de la botella, y pasa al vaso destinado para recibirle. Se levanta bajo la forma de burbujas que van á reventar en lo alto del vaso, desalojando sucesivamente al líquido de que está lleno.

Si el vaso que contiene el gas es una campana de cristal abierta por abajo en toda la estension de su diámetro, que esté guardado en algun plato lleno de agua, se debe llevar este vaso y el plato á la cubeta, sumerjirles verticalmente, y quitar en seguida el plato. Se inclina despues la campana de modo que su abertura corresponda al embudo de la tablilla. El gas marcha inmediatamente á llenar el vaso que debe recibirle.

De cualquier modo que se haga esta operacion, es fácil conocer la necesidad de la escavacion hecha debajo de la tablilla; esta es destinada á retener el gas que sale de la campana, y á dirigir su marcha hácia á la que debe recibirlo. Sin esta precaucion el gas que sale de la campana se distribuiria por varias partes sin marchar al lugar de su destino.

LIBRO QUINTO.

DE LA POROSIDAD, COMPRESIBILIDAD Y ELASTICIDAD.

CAPÍTULO PRIMERO.

DE LA POROSIDAD.

762. El frio absoluto no existe en la naturaleza, (núm. 695): por lo que las moléculas de ningun cuerpo estan aproximadas hasta al punto de tocarse inmediatamente, y de consiguiente tienen entre sí intervalos vacíos de su propia sustancia, lo que constituye la *porosidad*.

763. Asi es que las verdades se encadenan, que el descubrimiento de una de las propiedades del calórico nos conduce á demostrar la porosidad de los cuerpos de un modo mas simple y mas general que no lo han hecho hasta aqui los físicos.

764. La porosidad no es una propiedad esencial á los cuerpos, solo les acompaña esclusivamente en ciertas circunstancias, es decir, cuando el calórico les penetra; y como el calórico se halla en mayor ó menor cantidad en los cuerpos, segun su mayor ó menor atraccion con este fluido, segun su diferente capacidad para contenerle, síguese que la porosidad es una propiedad accidental y variable, que se puede aumentar ó disminuir á voluntad por una adicion ó sustraccion de calórico, de cuya propiedad seria posible despojar enteramente los cuerpos sin destruir su existencia.

765. La cantidad de materia propia de un cuerpo es en razon inversa de su porosidad: de que se sigue que por medio del peso se puede conocer la razon de la porosidad de un cuerpo á la de otro. Para apreciar la porosidad absoluta seria preciso tener un

cuerpo que no tuviera absolutamente poro alguno; si este cuerpo pesára 4 gramos, y otro cuerpo teniendo el mismo volúmen pesára 2 gramos, este último seria compuesto de la mitad de su estension sólida, y de otra mitad porosa.

De este modo se podria saber exactamente cual es la cantidad de materia ó de poros que se halla en un cuerpo. Pero no se conoce cuerpo alguno de esta especie; ni puede tampoco existir en la naturaleza, la que estaria en este caso sin movimiento y sin vida.

766. La esperiencia confirma esta verdad. Por medio de la máquina neumática se hace pasar mercurio al traves de una piel de búfalo, y agua al traves del fondo de un platillo de madera pegado en el estremo superior de un tubo de vidrio en el que se hace el vacío. Una lámina de oro ó de platina muy delgada y bien batida presenta un gran número de poros á la vista del observador que la contempla por medio de un microscopio, al paso que el oro y la platina son los cuerpos conocidos mas compactos.

A estos esperimentos añadiremos otro mucho mas interesante, porque presenta al mismo tiempo un ejemplo de la porosidad de los cuerpos, y una prueba nada equívoca de que los poros no estan absolutamente vacíos de todas materias estrañas, sino ocupados por el aire ó por otro fluido sutil interpuesto sobre las moléculas de los cuerpos.

Se toma una piedra del género de las que se llaman ágata, que son medio transparentes y bastante duras para dar chispas al golpe del eslabon la que lleva el nombre de *hidrófano*. Despues de haberla pesado se sumerje en agua, y se ven elevarse de su superficie numerosos hilos de pequeñas ampollas de aire que se suceden sin interrupcion. Se retira del agua, se pesa de nuevo y se halla que su peso es aumentado de una cantidad sensible. Este esperimento nos presenta dos fenómenos diferentes, la salida de una grande cantidad de ampollas de aire, y el aumento de peso de la piedra por su inmersion en el agua. Estos fenómenos tienen por causa la espulsion del aire que ocupaba los poros de la piedra por el agua que se le sustituye, cuya gravedad específica es de mucho superior á la del fluido aeriforme.

767. Los huevos inmediatamente de puestos empiezan á vaciarse por los poros de la cáscara, y dejan de ser lo que se llama frescos. Para impedir que nada pierdan, se cierran sus poros al instante que han sido puestos sumergiéndoles en aceite de olivas; se enjugan despues con el objeto de que no quede mas que una capa muy delgada, á fin de que la presion atmosférica no haga entrar en los huevos alguna pequeña cantidad de aire, la que enranciándolos les comunicaria un mal gusto. Los huevos preparados de este modo, conservan su blancura y frescura durante muchos años, si no son fecundados; si lo han sido la pierden en el intervalo de dos meses, porque el principio fecundante les excita una cierta fermentacion.

768. Entra la humedad por los poros de la madera, y penetra las obras de carpintería aumentando sus dimensiones; de aqui depende que una puerta ó ventana que se abre fácilmente en un tiempo se halla demasiado ajustada en otro; que un tonel entreabierto se recierra dejándole sumergido en agua, etc. Puédense prevenir estos inconvenientes cubriendo la madera de carpintería por una y otra superficie de pintura al óleo, ó de barniz, que teniendo poca ó ninguna atraccion para el agua, conserva la madera en las mismas dimensiones, haciendo sus poros inaccesibles á la humedad atmosférica.

769. Finalmente por los poros de nuestra piel perdemos segun fieles observaciones las cinco octavas partes de lo que tomamos para nuestro mantenimiento. *M. Seguin* ha hecho acerca de este objeto una serie de esperimentos cuyos resultados interesantes conviene darlos á conocer á los lectores.

1.° Cualquiera que sea la cantidad de alimentos que se tome, se vuelve por la transpiracion insensible al mismo peso despues de 24 horas, siendo un hombre adulto, y en el caso de digerir bien.

2.° Si las cantidades de alimento varían, ó las transpiraciones difieren, la cantidad de escrementos compensa; y todos los dias á la misma hora se vuelve á corta diferencia al mismo peso.

3.° Una mala digestion disminuye la transpiracion, y mientras dura se aumenta cada dia de peso.

4.° Inmediatamente despues de la comida la transpiracion está en su *minimum*, porque el calórico que se entretiene para empezar la digestion pasa en menor cantidad al aire ambiente, el que disuelve entonces menos humor transpirable: de esto depende que estando sanos esperimentamos despues de comer una ligera sensacion de frio.

5.° Durante la digestion la transpiracion insensible está en su *maximum*. Esta pérdida, escediendo á la que se padece en ayunas, es de 122 miligramos (2,3 granos) por minuto, de 7324 miligramos (138 granos) por hora.

6.° En las circunstancias mas favorables la transpiracion insensible mas considerable es por término medio de 1698,42365 miligramos (32 granos) por minuto, ó 2445730,057 miligramos (5 libras) por dia.

7.° En circunstancias las menos favorables la transpiracion insensible menos considerable, suponiendo una buena digestion es por término medio de 583,833 miligramos (11 granos) por minuto, ó de 840719,707 miligramos (1 libra 11 onzas 4 adarmes) por dia.

8.° Inmediatamente despues de la comida en los casos no favorables, la transpiracion es de 435,221 miligramos (8,2 granos) por minuto, y en los casos favorables, de 482,989 miligramos (9,1 granos).

Todos estos resultados tienen por objeto la transpiracion considerada de un modo general. *Mr. Seguin* distingue la transpiracion cutánea de la transpiracion pulmonar, las examina separadamente, y hace sobre estas dos especies de transpiraciones esperimentos interesantes, que le conducen á apreciarlas con exactitud. Siento que los límites prescritos á una obra de esta naturaleza me obliguen á pasarlos en silencio.

CAPÍTULO II.

DE LA COMPRESIBILIDAD.

770. Las moléculas de todos los cuerpos estan apartadas entre sí por el impulso del calórico; luego es posible aproximarlas. Esta aproximacion puede producirse ó desvaneciendo la causa de su separacion, es decir, por una sustraccion de calórico, y entonces se llama *condensacion*; ó á beneficio de una presion capaz de vencer la fuerza repulsiva que las moléculas de los cuerpos han recibido del calórico, en este caso se llama *compresion*; y la propiedad que tienen las moléculas de los cuerpos de aproximarse asi, se llama *compresibilidad*.

771. La compresibilidad pertenece pues, de la misma manera que la porosidad, á todos los cuerpos de la naturaleza. Estas dos propiedades parece que corren paralelismo, son accidentales y variables, y su intensidad depende de la cantidad de calórico de que estan penetrados los cuerpos.

772. La estrema compresibilidad de los fluidos aeriformes causa un grande número de fenómenos que fijarán pronto nuestra atencion; la de los sólidos no se manifiesta de un modo tan sensible: esta no obstante existe, y las pruebas que confirman su existencia no pueden parecer equívocas.

Un golpe de martillo que hiera fuertemente contra una sustancia metálica cualquiera, deja una impresion bastante profunda que indica una aproximacion de las moléculas en el punto en que se ha dado el golpe. Una esfera de mármol, de marfil, ó de acero, que caiga de alguna altura sobre un plano refleja, y este movimiento de reflexion supone la compresibilidad.

No se pueden á la verdad producir á favor de la compresibilidad de los líquidos pruebas tan convincentes como las que demuestran la compresibilidad de los cuerpos sólidos, y aun parece que los líquidos gozan de una suerte de incompresibilidad, pues que resisten victoriosamente á los medios que empleamos para

efectuar su compresion. A esta viva resistencia debemos el vino, la cidra, los aceites, en una palabra todos los líquidos que sacamos por espresion de los vegetales. Si la compresibilidad de los líquidos igualase solo la de los sólidos que les contienen, seria imposible efectuar su separacion.

CAPÍTULO III.

DE LA ELASTICIDAD.

773. La elasticidad es una propiedad, en virtud de la que ciertos cuerpos comprimidos por una fuerza cualquiera vuelven por sí mismos, cuando esta fuerza deja de obrar, á las dimensiones, y figura que tenian antes de la compresion.

774. La elasticidad es perfecta, cuando el cuerpo vuelve al estado que tenia antes de la compresion en un tiempo igual á aquel en que lo habia perdido; pero esta perfeccion jamas se encuentra en la naturaleza. Entre los cuerpos conocidos, la luz y los fluidos aeriformes son los que su elasticidad se aproxima mas á la perfecta. Es menor en los cuerpos duros como el acero, el marfil, etc.; disminuye en seguida muy sensiblemente en los líquidos. En fin es casi nula en los cuerpos blandos tales como la manteca, la arcilla húmeda, etc.

775. En la mayor parte de cuerpos elásticos el resorte se debilita por el uso, ó por una compresion muy continuada. Un arco que haya sido tendido por mucho tiempo queda en fin con parte de la curvatura que la tension le hizo tomar. La clin, la pluma, la lana que sirven continuamente para nuestros usos pierden despues de tiempo su precioso resorte, que felizmente se ha hallado el modo de volverles por medios fáciles.

776. Si ciertos cuerpos pierden su elasticidad, hay otros á los que es fácil comunicarles esta propiedad. Se aumenta la elasticidad de los metales, 1.° batiéndolos en frio; 2.° por medio de la aligacion. La mezcla de dos metales es mas dura, mas terca y mas elástica que los simples metales que entran en su composicion. El

temple que consiste en calentar fuertemente el acero, y enfriarle súbitamente sumergiéndole en agua fria, da mayor actividad y energía á la elasticidad de este metal tan fecundo en preciosos servicios para la humanidad; por esta elasticidad reciben su fuerza los resortes que animan los relojes, las cerraduras y un gran número de otras máquinas que sirven habitualmente á nuestros usos. Esta fuerza es la que da el impulso á las láminas flexibles que suavizando el movimiento de los coches, ahorran al viagero la incomodidad de los sacudimientos.

777. La elasticidad debe pues ser mirada como una propiedad variable que caracteriza ciertos cuerpos, y que de consiguiente no es esencial á la materia.

Lucrecio, *Daniel Benoulli*, *Lesage* y muchos otros físicos se han ocupado en la indagacion del fenómeno de la elasticidad; pero todas sus inquisiciones no han hecho mas que esplicar de un modo vago la elasticidad de los fluidos aeriformes. Los unos la hacian depender de una continua agitacion en sus moléculas integrantes, sin asignar causa alguna que produjese esta agitacion; otros admitian para esplicar este fenómeno, una fuerza repulsiva inherente á las moléculas de los fluidos aeriformes. Algunos, en fin, no pudiendo resolverse á admitir en las moléculas de la materia, dos fuerzas diametralmente opuestas, han recorrido para producir la agitacion de los fluidos elásticos, á un fluido discreto difundido en todo el universo, del que cada partícula excesivamente pequeña se mueve con una prodigiosa actividad en línea recta, y cuyos torrentes llegando de todos los puntos del espacio se cruzan en todas direcciones. Este sistema conocido bajo el nombre de *sistema de los corpúsculos ultramundanos* está fundado como todos los sistemas sobre bases imaginarias, y está bien lejos de ofrecer una esplicacion suficiente de los fenómenos de la elasticidad.

Voy á esponer de una manera nueva el fenómeno de la elasticidad; lo apoyaré sobre hechos, y lo confirmaré con el cálculo.

Primer principio.

778. Las señales de elasticidad suponen una compresion efectuada, es decir una alteracion en la figura de los cuerpos producida por la aproximacion de las moléculas: de que se sigue que los cuerpos cuyas moléculas ceden con mucha facilidad á la mas ligera presion, de modo que rueden las unas sobre las otras sin alterar su figura, no pueden dar señales sensibles de elasticidad. Tales son en general los líquidos.

Segundo principio.

779. Cuando se comprime un cuerpo elástico, algunas de sus moléculas integrantes se aproximan; otras sufren una separacion casi igual á la aproximacion de las primeras.

Tercer principio.

780. En el grado habitual de calor y de presion que esperimentamos, todos los cuerpos tienen un volúmen determinado por la razon de igualdad que hay entre la fuerza atractiva de sus moléculas, y la fuerza repulsiva comunicada por el calórico combinado con estas mismas moléculas (núm. 751).

781. Sentado esto, el restablecimiento de los cuerpos sólidos, despues de la compresion parece ser el resultado de la accion combinada del calórico y de la gravitacion: porque cuando se comprime un cuerpo elástico muchas de sus moléculas integrantes se han aproximado, otras sufren una separacion igual á la aproximacion de las primeras. En las moléculas aproximadas la fuerza repulsiva aumenta, aumenta tambien la fuerza atractiva; pero el aumento de la primera sobrepuja al de la segunda. Porque en la época de la formacion del cuerpo tal cual era antes de la compresion, la fuerza repulsiva comunicada á sus moléculas por el calórico, bastó para darles el grado de separacion que las distingue: luego era superior á la fuerza atractiva, hasta al momento en que las moléculas han adquirido el grado de separacion que tienen en estado natural del cuerpo: de que se sigue que si

las moléculas se aproximan por la compresion, y se les encierra con el calórico en un menor espacio, la razon de igualdad que habia antes de la compresion entre la fuerza atractiva y la fuerza repulsiva, debe ser destruida en favor de la fuerza repulsiva, y que por consiguiente cesando la compresion debe obrar, y separar las moléculas aproximadas, hasta tanto que el equilibrio se restablezca entre las fuerzas atractiva y repulsiva; y este equilibrio no puede restablecerse sino cuando las moléculas habrán recobrado el grado de separacion que tenian antes de la compresion. Por semejantes razones la fuerza atractiva domina sobre la repulsiva en las moléculas que han sufrido una separacion; por lo que debe obrar para aproximar las moléculas, y restablecer el equilibrio de estas fuerzas; y este equilibrio no puede restablecerse sino cuando la separacion de las moléculas sea tal cual era antes de la compresion.

782. Algunos ejemplos aclararán esta esplicacion. Dejo caer sobre un plano una esfera de marfil; el diámetro perpendicular al plano disminuye; las moléculas integrantes, en el sentido de este diámetro, se aproximan: el diámetro horizontal aumenta, las moléculas en la direccion de este diámetro se separan. Las moléculas de la esfera estaban antes de la compresion á una cierta distancia determinada por una cierta relacion entre la fuerza atractiva, y su fuerza repulsiva comunicada por el calórico. Esta relacion es destruida por la compresion. Su fuerza repulsiva se ha hecho respectivamente mayor en las moléculas que han sido aproximadas, y la fuerza atractiva es superior en las moléculas que han sido separadas: las moléculas aproximadas deben pues separarse, y las apartadas deben aproximarse para restablecer la relacion que habia antes de esta compresion: de que se sigue que cesando la compresion, la esfera debe volver al estado que la compresion le habia hecho perder.

783. Cuando se dobla una plancha de acero hay aproximacion de moléculas en la parte interior, y separacion de las mismas en la parte esterior del arco en que se dobla la lámina: el calórico combinado con las moléculas que componen la parte esterior del

arco, ocupa mayor espacio: la fuerza repulsiva comunicada por el calórico, debe pues dominar sobre la fuerza atractiva en las moléculas que componen el arco interior, y esforzarse para separarlas hasta que el equilibrio se restablezca; al paso que la fuerza atractiva que domina en las moléculas que componen el arco esterior, obra para aproximar estas mismas moléculas: ¿y cómo se podrá concebir que la separacion de las moléculas en el arco interior y la aproximacion en el arco esterior puedan efectuarse sin que la lámina se restituya á su primer estado?

784. Cuanto mas se baten los metales tanto mas elásticos se hacen. Batiéndoles se aproximan sus moléculas integrantes; se reducen junto con el calórico combinado con ellas á un menor espacio; por lo que las percusiones reiteradas aumentan la fuerza repulsiva en una mayor razon que la atractiva, y de consiguiente la elasticidad de los metales debe aumentar por la percusion.

785. El acero templado es mas duro y elástico que el no templado: de que se sigue que el enfriamiento aumenta su elasticidad.

Este fenómeno parece al pronto contrariar nuestra esplicacion de la elasticidad de los cuerpos sólidos; pero un instante de reflexion basta para desvanecer esta aparente contrariedad.

Cuando se sumerje en agua una barra de acero incandecente, hay separacion de gas hidrógeno; la superficie de la barra pasa al estado de óxide; y probablemente á este paso se deben en parte la dureza y la elasticidad que el acero adquiere por el temple. Lo que parece justificar esta conjetura es que, segun los esperimentos de *Lavoisier*, el acero adquiere mayor dureza y elasticidad, cuando estando débilmente calentado se sumerje en un líquido, tal como el ácido nítrico, que favorece por sí mismo su oxidacion. En una palabra en la operacion del temple el agua se descompone; su oxígeno se combina con el acero; su efecto no es por el pronto sensible mas que en la sola superficie que endurece mientras el interior conserva su ductilidad. Pero con el ausilio de un calor moderado, el oxígeno fijado al principio en la superficie, se reparte luego igualmente en toda la masa de la barra: por lo que en la operacion del temple sucede una nueva compo-

sicion, que de necesidad debe producir diferentes propiedades. El nuevo compuesto puede muy bien, por la atraccion que le es propia, fijar una mayor cantidad de calórico, de lo que debe resultar mayor fuerza repulsiva entre sus moléculas integrantes, y de consiguiente mayor elasticidad.

El enfriamiento repentino que se hace sufrir al acero para el temple, contribuye tambien á darle mayor dureza y elasticidad; porque el enfriamiento produce la aproximacion de las moléculas integrantes. El calórico combinado se halla encerrado con ellas en un menor espacio, y de consiguiente la fuerza repulsiva aumenta en mayor razon que la atractiva; ademas las moléculas toman entre sí una posicion muy diferente de la que tendrian si el acero rojo se volvia por grados sucesivos á la temperatura que tenia antes de ser calentado, y esta última posicion de moléculas ocasionada por el enfriamiento súbito, puede muy bien ser favorable á la elasticidad.

786. La elasticidad de los fluidos aeriformes parece depender de la misma causa que produce la elasticidad de los cuerpos sólidos. Importa notar que los cuerpos que pasan al estado permanente de fluidez aeriforme, tienen una muy fuerte atraccion para el calórico, absorven una grande cantidad, que se combina íntimamente con sus moléculas integrantes, las que adquieren por esta combinacion una fuerza repulsiva superior á su fuerza atractiva. Esta superioridad de la fuerza repulsiva las arrastra lejos de la esfera de actividad en que se ejerce la fuerza de cohesion; resultaria de esto sin duda un apartamiento indefinido, si la presion de la atmósfera, y la pesadez de estos fluidos no pusieran un término á esta separacion. Cuando se comprimen los fluidos aeriformes, se encierran sus moléculas integrantes, como tambien el calórico combinado con ellas, en un menor espacio: se aumenta pues por la compresion, la fuerza repulsiva de las moléculas integrantes; cesando la compresion debe desplegar toda su actividad para restablecer la separacion de las moléculas.

787. La elasticidad de los fluidos aeriformes es tal, que despues de la compresion les da mayor volúmen que el que antes

tenian. Este efecto, que se observa en el vacío, se debe á la superioridad de la fuerza repulsiva, la que debe obrar con eficacia para separar mas y mas las moléculas, cuando falta la presion de la atmósfera que se oponia á la separacion. No sucede asi con los cuerpos sólidos elásticos, porque la fuerza repulsiva de sus moléculas integrantes se halla igual á su fuerza atractiva.

Todos los cuerpos contienen calórico: ¿de qué proviene pues que todos los cuerpos no sean elásticos, puesto que el calórico es el principio de la elasticidad?

1.° No hay en la naturaleza cuerpo alguno ni perfectamente duro, ni perfectamente blando. Por lo que no hay cuerpo alguno que no goze de algun grado de elasticidad.

2.° Señales sensibles de elasticidad suponen la compresion efectuada; no es pues de estrañar que los cuerpos cuya compresion no podemos efectuar no den señal alguna de elasticidad.

3.° Por ser el calórico el principio de la elasticidad, no se sigue que todos los cuerpos que contengan calórico deban gozar de esta propiedad. 1.° El esceso y falta de calórico pueden igualmente oponerse á la fuerza elástica. 2.° La figura diferente que distingue las moléculas integrantes de diferentes cuerpos, el diferente arreglo que toman estas moléculas, segun las circunstancias, pueden ser unas veces mas ó menos favorables, y otras mas ó menos opuestos á la elasticidad. 3.° Los cuerpos blandos, tales como la manteca, la arcilla húmeda, etc. esperimentan en su estado de blandura un principio de disolucion por el agua, que debe alterar la fuerza repulsiva de sus moléculas, y oponerse de consiguiente á la elasticidad. Esto es de tal modo verdadero, que estos cuerpos despojados de su parte acuosa sin cambiar su temperatura, dan señales sensibles de elasticidad.

788. Se concibe fácilmente que los cuerpos deben adquirir elasticidad combinándose con un agente tal como el calórico, que goza evidentemente de esta propiedad. Queda no obstante siempre para esplicar el porque el calórico es elástico; y hasta tanto que se haya hallado la solucion de este problema, no se habrá hecho mas que apartar la dificultad en lugar de resolverla.

Para esplicar la elasticidad de los cuerpos, sean sólidos sean aeriformes, hemos partido de un hecho; este consiste en que las moléculas de los cuerpos espuestos al calor se separan las unas de las otras, y adquieren de consiguiente una fuerza repulsiva, por la combinacion con un fluido cualquiera que sea, que les penetra. Pero puede suceder que este fluido á que hemos llamado calórico, combinándose con las moléculas de los cuerpos, les comunique una fuerza repulsiva, sin que las moléculas de este fluido se repelan mutuamente. Cuando se echa pan seco en agua, el pan se hincha, y las moléculas se separan las unas de las otras; el agua penetrando los poros del pan comunica pues á sus moléculas una fuerza repulsiva; seria ridículo concluir de aqui que las moléculas del agua se repelen mutuamente. De la misma manera cuando se sujeta un cuerpo á la accion del calor sus moléculas integrantes se separan entre sí, y adquieren una fuerza repulsiva por su combinacion con el calórico; pero este fenómeno depende probablemente como el precedente, del concurso de muchas fuerzas atractivas, tales como la fuerza atractiva de las moléculas del calórico, la fuerza atractiva de las moléculas del cuerpo las unas con relacion á las otras; en fin, la atraccion recíproca de las moléculas del calórico, y de las del cuerpo penetrado por este fluido: de que se sigue que la elasticidad de los cuerpos no supone la del calórico que la ha producido.

789. Por lo demas no miro como á demostrada la existencia del calórico; y no se da esta hipótesis mas que como un medio para representar con números el resorte de los cuerpos elásticos, sin afirmar que materialmente suceda la cosa como se ha esplicado.

790. Sea M la masa de un cuerpo elástico, m una de sus moléculas, d la distancia de esta molécula al centro de atraccion, q la cantidad de calórico de que el cuerpo es penetrado, estando de otra parte el centro de repulsion en el mismo punto que el de atraccion. Hago aun $Mm = a$, $qm = b$.

791. La fuerza atractiva de cada molécula es igual al producto de su masa por la velocidad que tendria si cedia al im-

pulso de esta fuerza. La velocidad es en razon directa de la masa atraente, é inversa de una funcion de la distancia de la molécula al centro de atraccion. Tenemos pues por espresion analítica de la fuerza atractiva $\frac{a}{F(d)}$.

792. La fuerza repulsiva es igual al producto de la masa por la velocidad. La velocidad está en razon directa de la cantidad de calórico de que el cuerpo es penetrado: esta aumenta tambien por la aproximacion de las moléculas; pero la ley que la gobierna relativamente á las distancias no es la misma que la de la fuerza atractiva. La fuerza repulsiva aumenta mas que la atractiva, por la aproximacion de las moléculas (núm. 781): de que se sigue que tendremos por espresion de la fuerza repulsiva, b dividida por otra funcion de d que podremos representar de esta manera: $F(d).\omega(d)$, ó $\frac{b}{F(d).\omega(d)}$: tenemos pues en el estado natural de los cuerpos, es decir en la temperatura y presion habitual que esperimentan, $\frac{a}{F(d)}=\frac{b}{F(d).\omega(d)}$. ....
ó $\frac{a}{F(d)}-\frac{b}{F(d).\omega(d)}=0$, ó $a.\omega(d)-b=0$.

793. Sentado esto, cuando se deja caer sobre un plano una esfera de marfil, las moléculas de la esfera situadas en el diámetro vertical se aproximan: por lo que d disminuye: luego la ecuacion precedente viene á ser $a.\omega(d-x)-b=$ á una cantidad negativa; por lo que la fuerza repulsiva supera la fuerza atractiva, y de consiguiente las moléculas situadas en el diámetro vertical se separan. Las moléculas situadas en el diámetro horizontal son separadas: luego d aumenta; luego nuestra ecuacion pasa á ser $a.\omega(d+r)-b=$ á una cantidad positiva: por lo que la fuerza atractiva supera la repulsiva; y de consiguiente las moléculas situadas en el diámetro horizontal se aproximan al paso que las que estan situadas en el diámetro vertical se alejan á fin de que el cuerpo vuelva á su estado natural.

794. Al tomar la espresion analítica de las fuerzas entre las que las moléculas de los cuerpos estan en equilibrio en su estado natural, no se ha atendido á la espresion atmosférica; porque esta fuerza no obra eficazmente sobre los cuerpos sólidos. No sucede lo mismo en los líquidos, que los fluidos elásticos. La presion de la atmósfera obra con eficacia para aproximar sus moléculas: debemos pues hacerla entrar en la estimacion de las fuerzas que las animan. La presion de la atmósfera es una cantidad constante que espresamos por la unidad. Tenemos pues para los líquidos, y los fluidos aeriformes $a \cdot \omega(d) + 1 - b = 0$.

La simple inspeccion de esta fórmula hace ver, 1.° que cuando se comprimen fluidos elásticos, la fuerza repulsiva se aumenta mas que la fuerza atractiva, y de consiguiente cesando la compresion, las moléculas deben volver á su primera posicion, 2.° que los líquidos y los fluidos aeriformes tienen el privilegio esclusivo de tomar mayor volúmen cuando se suprime la presion atmosférica. En esta suposicion, nuestra ecuacion es $a \cdot \omega(d) - b =$ á una cantidad negativa, es decir que la fuerza repulsiva supera á la atractiva. Esto no sucede en los cuerpos sólidos. Aun cuando se suprime la presion de la atmósfera, se tiene $a \cdot \omega(d) - b = 0$, es decir que la fuerza atractiva queda igual á la fuerza repulsiva.

LIBRO SEXTO.

DEL AIRE ATMOSFÉRICO.

795. El aire atmosférico es un fluido invisible, insípido, inodoro, pesado, elástico, que goza de una grande movilidad susceptible de enrarecimiento y condensacion que rodea nuestro planeta hasta á una cierta altura, y cuya masa entera constituye la atmósfera.

Este fluido en el que estamos siempre sumergidos, nos interesa á todos de un modo particular, sea porque es el depositario de los signos de nuestras ideas y afecciones, sea porque alimenta la existencia de todos los seres animados. Sus propiedades físicas y químicas deben fijar sucesivamente la atencion del físico.

PARTE PRIMERA.

DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AIRE ATMOSFÉRICO.

Entre las propiedades físicas del aire atmosférico, su peso y elasticidad son las que importa estudiar mas particularmente, porque son las que producen un grande número de fenómenos notables, cuya verdadera causa ha sido desconocida hasta la época en que se han establecido estas dos propiedades del aire.

CAPÍTULO PRIMERO.

DE LA PESADEZ DEL AIRE ATMOSFÉRICO.

796. Débese á *Galileo* el descubrimiento de la pesadez del aire, cuya propiedad era generalmente contradecida antes de él,

y puede ser que pocos de los antiguos filósofos sospecháran su existencia. Este físico pesó un vaso de vidrio lleno de aire en su estado natural, injectó despues en este vaso nuevo aire para aumentar su masa, y halló que el peso del vaso era mayor despues de la injeccion que antes: procuró al mismo tiempo determinar la gravedad específica del aire; pero la razon de 1 á 400 que dió á la pesadez del aire comparada á la del agua, está muy lejos de ser satisfactoria como se verá despues.

797. *Otto de Guerique*, cónsul de Magdeburg, imaginó despues una máquina conocida bajo el nombre de máquina neumática, la que presenta un medio fácil para probar la pesadez del aire, hasta á disipar todas las dudas, y fijar para siempre la opinion de los físicos.

798. Esta máquina se construye de diferentes modos; pero todas sus principales partes son, 1.° un cilindro hueco, y muy fino por dentro, que se llama cuerpo de bomba, 2.° un émbolo que se mueve en el cilindro, y que ajusta exactamente con su superficie interior, 3.° una platina cubierta de un cuero mojado sobre el que se pone el recipiente ó la campana de vidrio. Se hace bajar el émbolo en el fondo del cilindro, se retira despues y por este medio se hace el vacío en la cavidad del cilindro. Comunicando esta cavidad con el recipiente por medio de un tubo soldado en el fondo del cilindro, el aire se enrarece en el recipiente, y entra en parte en el cilindro; de manera que tiene la misma densidad en el cilindro y en el recipiente. Se cierra la comunicacion entre el recipiente y el cilindro, se hace salir el aire del cilindro, y se hace bajar el émbolo al fondo. Si de nuevo se hace subir, habiendo abierto la comunicacion entre el cilindro y el recipiente, la densidad del aire se disminuye aun mas en el recipiente; y repitiendo el movimiento del émbolo el aire se halla en fin reducido á la menor densidad, sin que por esto pueda ser estraido del todo, como será fácil demostrarlo despues de haber establecido la elasticidad del aire atmosférico.

799. Lo que se acaba de decir es comun á todas las máquinas neumáticas; las que se diferencian no obstante bajo muchos res-

petos. 1.º En el dia se emplean con mucha ventaja dos émbolos, y dos cuerpos de bomba; el émbolo del uno sube cuando el del otro baja; asi se efectúa una continua estraccion de aire, que no se puede obtener con un solo émbolo. 2.º Se puede interceptar de diferentes modos la comunicacion entre el recipiente del que es menester estraer el aire y el cuerpo de bomba. 3.º Se emplean diferentes medios para hacer salir el aire del cuerpo de bomba cuando se impele el émbolo hácia abajo. 4.º Los émbolos son diferentes en diferentes bombas. 5.º La situacion del cuerpo de bomba no es siempre la misma.

800. El peso del aire se hace sensible con el ausilio de esta máquina.

Primer esperimento. Se toma un globo guarnecido de una llave que se tornilla en el estremo del tubo de la máquina neumática. Despues de haber estraido el aire del globo se suspende del brazo de una buena balanza, y se ponen pesos en el platillo opuesto hasta equilibrarlos. Abriendo despues la llave el aire entra en el globo y queda destruido el equilibrio el que se restablece añadiendo pesos, que indican cuanto pesa el aire encerrado en el globo. Se han tambien ocupado los físicos en indagar cual es el peso específico del aire. Segun los esperimentos de *Deluc*, la razon entre los pesos del aire y del agua destilada en la temperatura de 0 del termómetro (escala de *Reaumur*) y en una presion media de 76 centimetros (28 pulgadas) de mercurio, es la de 1 á 760; y segun *Brisson* la de 1 á 810.

801. Estaba sólidamente establecida la pesadez del aire, y los fenómenos del ascenso del agua en las bombas, y del mercurio en el barómetro se atribuian aun á una aversion imaginaria de la naturaleza para el vacio. Fue preciso para disipar este error que la casualidad proporcionase una de aquellas circunstancias felices que escitando una viva fermentacion en los espiritus, fecundan las semillas de los mas brillantes descubrimientos.

802. Unos fontaneros de Italia habiendo intentado construir bombas aspirantes cuyos tubos tenian mas de 10,4 metros (32 pies) de altura observaron con sorpresa que el agua no se elevaba mas

allá de esta altura. Miraron este fenómeno como un capricho de la naturaleza, cuya esplicacion pidieron á *Galileo*. Se dice que les contestó que la naturaleza no tenia horror para el vacío sino hasta 10,4 metros (32 pies). *Torricelli* su discípulo, meditando sobre este fenómeno, sospechó que el agua se elevaba en las bombas por la presion del aire esterior, y el esperimento que sigue, que hizo en 1645, no tardó á justificar sus sospechas.

Segundo esperimento. Se toma un tubo de vidrio de cerca un metro de longitud (3 pies 11 líneas), de 4 á 5 milímetros de diámetro, cerrado herméticamente por un estremo y abierto por el otro; se llena de mercurio. Aplicado el dedo en el orificio se vuelve, y se coloca su estremidad abierta en una cubeta que contenga mercurio; se retira el dedo, y se ve bajar al instante el mercurio en el tubo á la altura de cerca 76 centímetros (28 pulgadas). Esta altura siendo á la de 10,4 metros (32 pies) en la razon inversa de las densidades del agua y del mercurio, es fácil deducir que es realmente, como *Torricelli* lo habia sospechado desde el principio, la presion del aire que determina el agua ó el mercurio á elevarse hasta tanto que haya equilibrio.

803. Este esperimento fue repetido en 1646 por *Pascal*, quien imaginó en 1647, hacerlo mas decisivo tentándolo en diferentes alturas. Su cuñado *Perrier* que se hallaba entonces en Clermont en Auvergne, fue convidado á repetirlo sobre el monte Puy-du-Dome, y observar si la columna de mercurio bajaria en el tubo á medida que se fuera elevando. El resultado de este esperimento demostró no solo que el aire es pesado, sino tambien que en virtud de su pesadez ejerce una presion que depende de la altura.

El aire ejerce su presion en todos sentidos como los demas fluidos. El esperimento de *Torricelli* demuestra que el aire comprime de arriba abajo: para convencerse que ejerce una presion lateral y tambien de abajo arriba basta hacer en el lado, ó en el fondo de un tonel lleno un agujero muy pequeño. El líquido no se vacia, porque el aire que corresponde al orificio ejerce una presion sobre el líquido, que no tiene bastante altura para vencerla.

804. No nos sorprenda pues el que los cuerpos blandos sosten-

gan la presion del aire sin mudar de figura, y los cuerpos frágiles sin romperse, aunque esta presion sea equivalente á la de una columna de mercurio de 76 centímetros (28 pulgadas); 2.º que se sienta una presion muy fuerte sobre la mano puesta en la abertura de un recipiente en el que se haga el vacío; 3.º que se vea romperse en piezas una plancha delgada de vidrio, puesta con un cuero intermedio sobre un recipiente abierto por los dos estremos, del que se saque el aire por medio de una máquina neumática. Un recipiente que no fuera de figura esférica se romperia de la misma manera; la figura esférica es la sola que pueda vencer el riesgo de la rotura; 4.º que se esperimente cuando se intentan separar las alas de un fuelle, cuyo oido y estremo esten bien cerrados, una viva resistencia que se desvanece desde el momento que se da entrada al aire esterior; 5.º en fin, que dos emisferios de cobre cóncavos, unidos por medio de un círculo de cuero mojado, resistan vivamente, desde el momento que se ha estraido el aire, á las fuerzas considerables que se emplean para efectuar la separacion.

Todo lo que tiene relacion con la construccion del barómetro, de las bombas, de los sífones halla aqui naturalmente su lugar.

El barómetro.

805. El mas simple, mas fiel, y por consiguiente el mejor de los barómetros conocidos, consiste en un tubo de *Torricelli* de mas de 81 centimetros (39 pulgadas) de longitud, lleno de mercurio purgado de aire por medio de la ebulicion. El tubo se aplica con su cubeta sobre una plancha dividida en centimetros, y milimetros, ó en pulgadas y líneas, entre 70 centimetros (26 pulgadas) y 78 centimetros (29 pulgadas), desde el nivel que da el mercurio encerrado en la cubeta. No se hablará de los diferentes barómetros que se han imaginado; 1.º porque todos estan construidos bajo los mismos principios; 2.º porque no ofreciendo ninguna ventaja á la ciencia, á lo mas solo se deben citar en su historia.

806. El barómetro nos suministraria un medio para observar

con precision las variaciones, que suceden en la presion atmosférica, si los movimientos de la columna de mercurio, estimados por las indicaciones de la escala, fuesen proporcionales á las diferentes presiones del aire. Esto no es asi y esta imperfeccion es aneja á la construccion del instrumento; porque á medida que la columna de mercurio se eleva ó baja una pequeña porcion de mercurio contenido en la cubeta es obligada á pasar en el tubo, ó á reentrar en la cubeta, lo que hace variar la posicion del nivel; de manera que no corresponde constantemente en el cero de la escala, que es el punto de marcha al que se refiere la observacion de la altura á que corresponde la estremidad de la columna sobre la misma escala. Cuanta mayor anchura tiene la cubeta en la parte de la línea de nivel, menos sensible es esta imperfeccion. Se han empleado diferentes medios para hacerla desaparecer enteramente.

En algunos barómetros se ha hecho la escala móvil en la direccion de su altura, de manera que por medio de un tornillo de atraccion se puede siempre poner la línea de nivel frente del cero de la escala. En este caso se sustituye á la cubeta una porcion de tubo del mismo instrumento recorvado en su parte inferior, pudiéndose de esta manera corregir la variacion de nivel que de esto resulta por medio del movimiento de la escala.

Otros físicos emplean una segunda cubeta de mayor capacidad, llena en parte de mercurio, en que se sumerje enteramente la cubeta del barómetro. Cuando se quiere hacer una observacion, se eleva el barómetro con su cubeta encima del mercurio que la rodea; como en este caso esta cubeta se halla siempre llena, la línea de nivel dada por la superficie del mercurio que contiene guarda una posicion constante con relacion á la graduacion.

807. El medio que me parece mas propio para desvanecer el inconveniente que presenta la variacion de la línea de nivel, consiste en establecer encima y debajo del cero de la escala, una division semejante á la que se halla en el campo de las variaciones de la altura de la columna de mercurio. Entonces una simple adicion ó sustraccion, segun que el mercurio se eleva ó baja en el

tubo, basta para obtener la altura exacta del mercurio encima del cero de la escala.

808. El mercurio sube á la misma altura en el tubo del barómetro, sea que esté en atmósfera libre, sea que se ponga en un cuarto cerrado. En el primer caso, la columna de mercurio suspendida en el tubo se equilibra con la columna de aire que descansa sobre el mercurio contenida en la cubeta. En el segundo el aire contiguo al mercurio de la cubeta obra sobre él con su fuerza elástica, y esta fuerza, dada la misma temperatura es igual al peso de la columna de aire que descansa sobre el mercurio de la cubeta, cuando el barómetro se halla en atmósfera libre; porque el aire encerrado en un cuarto comunica ó ha comunicado ya con el aire esterior, cual obra en todas direcciones con una fuerza igual á la con que comprime.

809. La escala del barómetro es diferente de la del termómetro. En este, los movimientos de la columna de mercurio se miden por partes proporcionales á la distancia entre los dos términos dados por la observacion. Estas se diferencian en diferentes termómetros, aunque por grados semejantes, cuando las circunstancias lo exigen. Al contrario en el barómetro, en que no hay mas que un término fijo, á saber el nivel que se establece por sí mismo desde el primer instante, la altura de la columna se mide de un modo absoluto.

810. Uno de los usos mas ordinarios del barómetro es indicar la lluvia, el buen tiempo, segun que la columna del mercurio baja ó sube en el tubo. Es fácil conocer que esta especie de indicaciones son á menudo equívocas, porque la lluvia y el buen tiempo son efectos en cuya produccion concurren diferentes causas, las que son difíciles de conocer y apreciar, mientras que las variaciones en la altura de la columna del mercurio contenido en el tubo, dependan esclusivamente de las variaciones en la presion de la atmósfera. (Véase sobre este objeto el capítulo del último libro de esta obra que trata de la lluvia).

811. Para construir un buen barómetro, es menester 1.º procurarse un tubo de vidrio bien calibrado, es decir de un diáme-

tro igual en toda su longitud; 2.° esponer el tubo á la accion de un fuerte calor á fin de quitar de sus paredes interiores el aire y la humedad que se les ha pegado; 3.° introducir en el tubo un pequeño embudo muy limpio y caliente; 4.° verter despues en el embudo, sin interrupcion mercurio puro, é hirviendo, hasta tanto que el tubo esté lleno.

812. Hay otro instrumento conocido bajo el nombre de *manómetro*, el que sirve para apreciar las variaciones que esperimenta la densidad del aire atmosférico. El de *Otto* de *Guerike*, el mejor que se haya hasta aqui imaginado, consiste en una balanza muy exacta, por medio de la que un cuerpo muy pequeño, pero pesado, se equilibra con una esfera ligera que tiene un volúmen muy considerable. Se juzga de la densidad del aire por el peso que la esfera pierde por su inmersion en este fluido.

De la medida de las alturas por el barómetro.

813. Las alturas de los montes se han medido tiempo hace por operaciones trigonométricas. El esperimento que hizo *Perrier* en el monte Puy-du-Dome dió la primera idea de emplear el barómetro para el mismo objeto; pero faltaba perfeccionar este instrumento hasta al punto de manifestar las mas pequeñas variaciones en la altura de la columna metálica. La necesidad de calcular las casi continuas variaciones que esperimenta un barómetro, aun no mudando de lugar, presentaba otro inconveniente que no era fácil desvanecer. Los físicos han llegado á vencer estas dificultades, de modo que en el dia el barómetro ofrece un método simple y fácil que disputa la exactitud á los métodos trigonométricos.

814. Se sabia por los esperimentos de *Perrier* que una disminucion de una línea en la altura de la columna barométrica corresponde á una elevacion de 75 pies, lo que reducido á nuevas medidas, da 108 decimetros de elevacion por una depresion de un centimetro en el barómetro. Este medio debe limitarse en espacios que no escedan de 1200 toesas; porque en pasando de

aqui disminuyendo la densidad del aire á medida que es superior, la misma depresion de una línea corresponde á una mayór elevacion. En este caso es menester servirse de un principio que se demostrará en el capítulo que sigue: es á saber, que aumentando la altura de la atmósfera en progresion aritmética, la densidad del aire disminuye en progresion geométrica: siendo esta densidad proporcional á la presion, será indicada por el barómetro; de manera que las alturas de la atmósfera podrán mirarse como los logaritmos de las alturas de la columna barométrica. Para ahorrarse el trabajo de construir una nueva tabla de logaritmos, es menester hallar el factor por el que multiplicando los logaritmos ordinarios se obtengan los que tienen relacion con la altura de la atmósfera. Muchos físicos se han ocupado acerca de este objeto.

Deluc por medio de sus indagaciones fue conducido á este resultado, á saber: que era menester multiplicar por 10000 los logaritmos de las tablas ordinarias para tener la altura en toesas, que corresponde al número de líneas que indica el barómetro. Se tomará pues la diferencia que hay entre los logaritmos vulgares, de los números de líneas que indica el barómetro, esta se multiplicará por 10000, adelantando la coma cuatro logaritmos, y se tendrá en toesas la distancia vertical de las dos estaciones.

815. Este método está sujeto á dos correcciones que exige la temperatura, que de ordinario es menor á medida que se sube. La una depende del principio de que nos hemos servido que supone una temperatura constante en todas las alturas; y la otra de condensarse el mercurio cuando la temperatura disminuye.

Para determinar la segunda correccion, *Deluc* buscó por medio de la observacion, á que grado de temperatura la altura del barómetro no exigiria correccion alguna; halló que este grado correspondia al décimo sobre cero del termómetro de *Reaumur*, y que la cantidad que se prolongaba ó acortaba la columna del mercurio era por cada grado del termómetro de 0,075 de línea, suponiendo que el barómetro estuviese al principio á 27 pulgadas.

En cuanto á la primera correccion. *Deluc* buscó á que temperatura no se habria de hacer variacion alguna en el número de

toesas dado por la precedente correccion. Esta temperatura es la de 16 grados $\frac{3}{4}$. Suponiendo despues que la temperatura variaba en progresion aritmética en la estension de una columna de aire, halló que su volúmen variaba de $\frac{1}{215}$ por cada grado del termómetro. Era fácil con estos datos determinar el error en mas ó en menos, y obtener un resultado definitivo.

816. *M. Laplace* inventó un medio mas directo para llegar al mismo resultado. Este consiste en hacer depender el coeficiente constante de la relacion que hay entre las gravedades específicas del aire y del mercurio en la temperatura del hielo al licuarse, y en la presion media de la atmósfera en el nivel del mar. Este coeficiente es 17972,1 metros.

Si la temperatura fuera diferente de lo que se acaba de suponer, seria menester tomar la mitad de la suma de las temperaturas observadas en las dos estaciones por la temperatura media de la columna de aire. Sentado esto, el aire se dilata de $\frac{1}{250}$ de su volúmen por cada grado de la escala centígrada: la altura de la capa de aire que tiene una densidad dada, aumenta pues asi de $\frac{1}{250}$, y es menester añadir al modulo el $\frac{1}{250}$ del mismo modulo multiplicado por el número de grados de la temperatura media entre las dos estaciones.

En cuanto á la correccion que depende del efecto termométrico del calor sobre la columna barométrica, es la misma que en el método de *Deluc*; se parte solamente de esta base, que el mercurio se dilata $\frac{1}{5412}$ de su volúmen por cada grado del termómetro centígrado.

817. Este método no llenaba el deseo de que el coeficiente constante fuese determinado por la esperiencia de un modo mas precisivo; *M. Ramond* se dió á indagaciones que le condujeron á esta determinacion. Este físico reconoció desde luego cuales eran las circunstancias mas favorables á esta especie de observaciones, como tambien las horas que era menester escoger ó evitar; porque hay causas cuyo efecto es muy sensible, y que jamas se podrán valuar por el cálculo. Tales son los vientos ascendientes ó descendientes, los que segun *Ramond* reinan constantemente en

ciertas horas, y que deben influir sobre la columna barométrica. Es menester pues escoger el instante en que el equilibrio de la atmósfera no está turbado por alguna de estas dos causas, y este instante es el medio dia. *Ramond* ha observado aun que los vientos descendientes reinan mas frecuentemente que los otros; de que dedujo que en general los resultados medios de las observaciones deben dar alturas demasiado pequeñas.

No basta solo conocer el instante mas favorable para las observaciones, es menester tambien tener mucho cuidado en la eleccion de las estaciones ó lugares; es menester que las observaciones sean simultáneas, las unas hechas en el lugar cuya altura se indaga, y las otras en el lugar fijo, cuyo nivel sobre el del mar sea perfectamente conocido. Cuando se intenta verificar una fórmula, es menester tambien igual conocimiento de la altura del monte en que se pone el barómetro; y á fin de que la conclusion no parezca equívoca, es menester que las dos estaciones sean bastante vecinas, y que nada interrumpa la comunicacion, de manera que las variaciones atmosféricas que sobrevengan á la una tengan igual lugar en la otra. *M. Ramond* halló estas ventajas reunidas en el Pico de Bigorra y la villa de Tarbes, en que *Dangos* se encargó de las observaciones correspondientes. Los resultados de un grande número de esperimentos condujeron á *M. Ramond* á aumentar el coeficiente principal de la fórmula de *M. Laplace*, de cerca de $\frac{1}{42}$. Se hallará en la nota que sigue esta fórmula con su coeficiente aumentado.

NOTA.

Designando H la altura del barómetro en el parage inferior, h la que corresponde á la estacion superior, T la altura del termómetro en el parage mas caliente, t la que corresponde en la estacion mas fria; en fin x la diferencia de nivel espresada en metros, se tendrá

$$x = 18332^{\,metros} \left[1 + 2\left(\frac{T+t}{1000}\right) \cdot \mathrm{L}\left(\frac{H}{h\left(1+\frac{T-t}{5412}\right)}\right) \right]$$

De las bombas.

818. Las bombas son máquinas destinadas á elevar el agua: se componen principalmente de un cilindro hueco ó cuerpo de bomba EF (fig. 91), liso por dentro, y de un diámetro igual en toda su longitud; de un tubo que sube AT (fig. 92), para conducir el agua al lugar de su destino; de válvulas Ss; en fin de un émbolo I que se hace bajar por el cuerpo de bomba por medio de una varilla metálica Xx, se adapta el motor por medio de una palanca XY.

Se construyen diferentes especies de bombas. Las unas son de atraccion, las otras de compresion, y las otras que son mixtas.

819. La bomba de atraccion (fig. 91) está compuesta de un cuerpo de bomba EF, abierto por encima, en cuya parte inferior está adaptado el tubo de aspiracion FP. En el punto de reunion de este tubo con el cuerpo de bomba hay una válvula *s*, la que levantándose permite paso al agua desde el tubo de aspiracion PF al cuerpo de bomba FE, y que bajando la impide de salir por el mismo camino. En el cuerpo de bomba hay un émbolo I que se pone en movimiento por medio de una palanca XZY. Esta bomba debe estar situada de modo que solo el estremo inferior del tubo de aspiracion FP esté sumergido en el agua.

Cuando la bomba está quieta las dos válvulas S y *s* estan cerradas por su propio peso. Si se levanta el émbolo I, dando á la palanca XZY la posicion uZy, se levanta la columna de aire que descansa encima, y el aire que está encerrado en el tubo de aspiracion desde la superficie del agua *a* hasta el émbolo se enrarece; por lo que el aire esterior comprime con ventaja sobre la superficie del agua *a*, y la obliga á subir en el tubo de aspiracion hasta que el aire interior haya recuperado su primera densidad, ocupando menos lugar: de manera que despues de algunos golpes de émbolo el agua llega al cuerpo de bomba, y pasa elevando sucesivamente las válvulas *s* y S al traves del émbolo, el que elevándose obliga al agua á marchar por el tubo de descarga F.

Siendo la presion del aire la sola causa de la elevacion del agua

en bombas atractivas, y siendo esta presion igual á la de una columna de agua de 10,4 metros (32 pies), se ve que el tubo de aspiracion no puede tener mas de 10,4 metros de longitud. Aun seria menester, para dar esta longitud al tubo de aspiracion, que la bomba fuese construida con toda la precision de que es susceptible, y que estuviese colocada en el nivel del mar, porque solo este nivel es aquel en que la presion del aire es mas fuerte; en fin que esta presion fuese constante, lo que no sucede. Asi comunmente no se da á los tubos de aspiracion mas que 8 metros (25 pies) de longitud poco mas ó menos.

La columna de agua que se eleva por medio de las bombas de compresion apoya algunas veces sobre el émbolo que se tira (fig. 92), otras la columna de agua resiste al émbolo que se impele (fig. 93). Para distinguirlas se da á las primeras el nombre de bombas de compresion sublevantes, y á las segundas el nombre de bombas de compresion repelentes.

820. En la bomba de compresion sublevante (fig. 92) se distingue un cuerpo de bomba AB, en cuya parte inferior está fijada una pieza BN abierta por abajo, ó mejor aun taladrada de varios agujeros por toda su superficie. En el punto de union de esta pieza con el cuerpo de bomba hay una válvula s, la que elevándose facilita al agua la entrada al cuerpo de bomba y bajando despues no la permite salir. En este cuerpo de bomba hay un émbolo I agujereado de arriba abajo, guarnecido por su parte superior de una válvula S, encima de la que hay una horquilla x, por medio de la que está unida, como las piernas de un compas, á la espiga xX que lo pone en movimiento con el ausilio de una palanca XZY. En la parte superior A del cuerpo de bomba está adaptado el tubo de ascension AT que tiene su tubo de descarga en T. Esta bomba debe colocarse en el depósito de manera que su cuerpo de bomba AB esté enteramente sumergido en el agua AA.

Cuando se eleva el émbolo I, haciendo bajar la estremidad Y de la palanca YZX, de modo que la palanca tome la situacion yZu, este émbolo se eleva en el cuerpo de bomba AB de una cantidad igual á Xu; en el mismo tiempo la válvula s se levanta

y el agua pasa desde el depósito á la bomba, por la presion del agua esterior. Si se baja despues el émbolo esta presion cierra la válvula *s*, y levanta la otra S. El agua que se hallaba debajo del émbolo pasa encima de él. La válvula S baja y se opone á la salida del agua cuando se eleva de nuevo el émbolo. Un segundo golpe de émbolo elevará pues esta cantidad de agua, y permitirá por el mismo mecanismo, que una nueva cantidad de agua pase á la bomba, y de alli encima del émbolo, como sucedió á la primera: de suerte que despues de un cierto número de golpes de émbolo se llegará á llenar el tubo de ascension AT, y entonces en cada golpe de émbolo saldrá por el tubo de descarga T una masa de agua igual á un cilindro que tiene por base la anchura del émbolo, y por altura el espacio que el émbolo corre en el cuerpo de bomba.

821. La bomba compresiva repelente está compuesta de un cuerpo de bomba CD (fig. 93) del todo cerrado por la parte inferior, enteramente abierto por la parte superior, en el que hay un émbolo K que no se diferencia de la otra bomba de compresion sino en que la válvula S está colocada en su parte inferior. Este émbolo se pone en movimiento por medio de una palanca YXZ. Su tubo de ascension DO está colocado al lado del cuerpo de bomba con el que comunica, y está guarnecido de una válvula *s* en su parte inferior. Esta bomba debe estar situada en el depósito de modo que el cuerpo de bomba CD esté del todo sumergido en el agua.

El cuerpo de bomba está lleno de agua que entra por la abertura C, la que pasa al traves del émbolo K en que la válvula S por su posicion se halla naturalmente abierta. Si se baja el émbolo K dando á la palanca YXZ la situacion *yuZ*, la resistencia del agua contra la válvula la cierra al instante. Esta agua no puede volver encima del émbolo, y de consiguiente es impelida á entrar por el tubo de ascension DO, levantando la válvula *s*. Desde el instante que se retira el émbolo, la válvula *s* se cierra por la presion del agua que se halla encima, y la válvula S se abre volviendo á caer por su propio peso: por lo que una nueva

masa de agua pasa debajo del émbolo, la que por un segundo descenso del mismo émbolo es impelida á pasar como la primera, al tubo de ascension; de manera que con un cierto número de golpes de émbolo se llega á llenar el tubo de ascension DO. Desde aqui todo sucede como en la bomba de compresion sublevante. Si en estas dos bombas el diámetro del émbolo es el mismo, y tambien la altura perpendicular de los tubos de ascenso, los pesos de las dos columnas de agua son evidentemente iguales; y de consiguiente estas dos bombas exigen la misma fuerza para ponerse en movimiento.

Tanto la bomba atractiva como la repulsiva presentan inconvenientes que á menudo estorvan su uso. La primera no puede elevar el agua mas que á una pequeña altura; la segunda eleva el agua á una altura considerable; pero siempre se ha de colocar su cuerpo de bomba en el depósito, y si es menester recomponerle, es preciso ó vaciar el depósito ó quitar el cuerpo de bomba. Se corrigen estos inconvenientes empleando bombas mixtas.

822. Estas se componen de un cuerpo de bomba GH (fig. 94) abierto por la parte superior, en cuyo estremo inferior está adaptado el tubo de atraccion HV. En el punto de reunion de este tubo con el cuerpo de bomba hay una válvula S, destinada al mismo fin que en la bomba simplemente atractiva. En el cuerpo de bomba hay un émbolo M que no está agujereado, y que se pone en movimiento por medio de la varilla *x*X, y de la palanca YXZ. Al lado del cuerpo de bomba, y hácia su parte inferior está adaptado un tubo de ascension IIR, guarnecido de una válvula *s* en su parte inferior, y de un tubo de descarga R en su parte superior. Esta bomba debe estar situada de modo que solo el estremo inferior del tubo de aspiracion ó atraccion esté sumergido en el agua.

Es fácil ver que la primera accion de esta bomba es atraente ó aspirante; porque si se levanta el émbolo M, dando á la palanca YXZ la situacion *yu*Z se levanta la columna de aire que estriba encima; el aire que llena el tubo de atraccion se hace mas raro que el aire esterior: por lo que este obra con ventaja en la

superficie del agua AA, y la determina, despues de algunos golpes de émbolo, á pasar en el cuerpo de bomba. Entonces si se baja el émbolo M, la válvula S se cierra, y el agua es impelida á pasar al tubo de ascension HR, elevando la válvula *s*, la que desde el momento que cesa la presion, vuelve á bajar por su peso y por el del agua que descansa encima.

Estas bombas presentan la doble ventaja de elevar el agua á la altura que se quiera, y de tener su cuerpo de bomba fuera del agua.

823. Puédese colocar en la misma clase la bomba de incendios, la que no solo es á un tiempo atractiva y compresiva, sino que da un chorro continuo aunque no tenga mas que un cuerpo. Su construccion es la misma que la de la bomba mixta, con la diferencia que su tubo de aspiracion es mucho mas corto, y que en lugar del tubo de ascension sólido lleva un tubo de cuero al que se le da la longitud que se quiere.

El juego de las bombas depende particularmente de la regularidad del movimiento alternativo de las válvulas. Importa pues que esten construidas y dispuestas de modo que detengan bien el agua cuando estan cerradas, y que se abran con facilidad cuando se necesita. Las mejores son de metal, y trabajadas á manera de cono truncado.

Se hacen los émbolos con rodajas de cuero, afirmadas por otras dos de metal. Los émbolos que son enteramente de metal son preferibles, 1.° porque no exigen reparacion alguna, 2.° porque son menos susceptibles al influjo de la humedad y sequedad.

De los sifones.

824. Un tubo corvo ABC del que un brazo AB (fig. 95) es mas corto que el otro BC, es lo que se llama sifon. Para hacer uso de esta máquina se coloca el estremo A del brazo corto AB en el vaso EE que encierra el líquido. Se chupa por el estremo C del brazo largo; el aire sale, empieza á manar, y no cesa de fluir el líquido hasta que el brazo corto no esté ya sumergido por su estremo.

Este efecto tiene evidentemente por causa la presion del aire que impele al líquido hácia al sifon comprimiendo la superficie del que contiene el vaso. El aire comprime tambien al líquido que sale por el orificio C, y le sostiene. Estas presiones son iguales y opuestas en la parte superior del sifon, y equivalen en este punto al peso de la atmósfera, menos los pesos de las columnas de líquido que estan sostenidas por las presiones. La columna de líquido en el brazo BC tiene mayor altura que la opuesta: por lo que la presion del aire sufre una disminucion mayor por el lado BC; por lo que la presion opuesta la supera, y produce el derramen por C.

Es evidente que el derramen no puede tener lugar; 1.° si los brazos del sifon son iguales; 2.° si el brazo estando sumergido en un líquido su altura es mayor que de 10,4 metros (32 pies).

825. Los sifones pueden estar construidos de modo que el depósito y los brazos no esten á la vista: probablemente la naturaleza los ha formado de este órden en lo interior del globo. Sirven para vaciar depósitos llenos de agua, en los que corresponden los brazos cortos; y cuando los manantiales que llenan el depósito proveen en menor cantidad de lo que se hace la evacuacion, la estremidad del brazo mas largo se hace una fuente naturalmente intermitente y periódica.

CAPÍTULO II.

DE LA ELASTICIDAD DEL AIRE.

826. Se ha demostrado que el aire es pesado, y que en virtud de su pesadez ejerce una presion igual en todo sentido. Esta propiedad le es comun con todos los fluidos; pero lo que le distingue de ellos es su elasticidad, es decir la calidad que tiene de ser compuesto de partes, que dejándose reducir á menores dimensiones por una fuerza cualquiera, tienden tanto como pueden, á superar esta presion y á adquirir su primera estension obrando contra los cuerpos que le comprimen. Cualquiera puede convencerse de esta propiedad del aire por los esperimentos que siguen.

Primer esperimento. Tómese una vejiga llena de aire y bien cerrada. Comprimiéndola con las manos el aire se reduce á un menor espacio; pero tan pronto como cese la presion se restablece por sí misma y ocupa el mismo espacio que antes. Cuando se comprime se siente el esfuerzo con que se opone á la accion que la oprime.

Segundo esperimento. Se introduce en una caja cuyo diámetro interior es de cerca 81 milimetros (3 pulgadas) una vejiga exactamente cerrada, la que no está mas que llena en parte de aire. Se coloca sobre esta vejiga un peso de plomo de 18 kilógramos (cerca 36 libras), el que entra en la caja de modo que no deje mas vacío que el lugar que ocupa la vejiga. Se cubre esta caja de un recipiente bastante elevado para que el peso pueda elevarse 27 milimetros (1 pulgada): se estrae el aire y la vejiga se hincha elevando el peso.

827. La mayor parte de los físicos describen en favor de la elasticidad del aire muchos otros esperimentos, que nos contentaremos con indicarlos, porque nos parecen mas propios para ofrecer un espectáculo agradable que para formar un concurso de pruebas necesarias para continuar ó para ilustrar la verdad que nos ocupa.

828. Una botella de vidrio delgada y llena de aire, que esté bien cerrada se rompe en el vacío.

829. Un huevo puesto en un vasito se vacía por un pequeño agujero hecho en su parte inferior cuando se enrarece el aire que le rodea; vuélvese á llenar por el mismo agujero al instante que se deje entrar el aire en el recipiente.

830. Una manzana arrugada se pone tersa, y sin arrugas dentro del recipiente de la máquina neumática estraido el aire; pero vuelve á su primer estado y aun se arruga mas que antes cuando el aire vuelve á entrar en el recipiente.

831. *La fuerza elástica del aire es siempre igual á la fuerza que le comprime.* Si esta fuerza elástica fuera menor, el aire se dejaria comprimir mas y mas. Si fuera mayor no cederia tanto; pues que la reaccion es siempre igual á la accion.

Síguese de aqui que la fuerza elástica de una burbuja de aire tomada en las capas inferiores de la atmósfera es igual al peso de la columna de aire que descansa sobre ella, pues que este peso es el que la retiene en el estrecho espacio que ocupa. Asi desde el momento que se le quita este peso, por medio de la máquina neumática, tiende al instante á dilatarse hasta que su peso y su elasticidad esten en equilibrio.

832. *El espacio que ocupa una cantidad determinada de aire es, dada la misma temperatura, en razon inversa de la fuerza que le comprime, y de consiguiente en razon inversa de su fuerza elástica, de su densidad, ó de su gravedad especifica.*

Tercer esperimento. Tómese un tubo AB (fig. 96) cerrado herméticamente en A, y abierto en B: se llena de mercurio á escepcion de un cierto espacio que se deja lleno de aire. Se aplica el dedo en el orificio B, y se vuelve el tubo boca abajo para dejar subir el aire á la parte superior AD: en seguida se sumerje el estremo B en una cubeta llena de mercurio. Este fluido no queda en la altura BC que suponemos ser su altura ordinaria sino que baja hasta E, porque el aire que se halla en AD se dilata y ocupa el espacio AE.

Por medio de este esperimento que sirve para medir exactamente los espacios AD, ED, como tambien las alturas BC, BE, *Boyle y Mariotte* han demostrado del siguiente modo la verdad de que se trata.

La fuerza que comprimia el aire mientras ocupaba el espacio AD, es igual al peso de la atmósfera que puede ser representado por el peso de la columna de mercurio BC. Despues del esperimento su volúmen ha aumentado de modo que ocupa el espacio AE: por lo que la elasticidad que queda á este aire dilatado, mas el peso de la columna de mercurio EB es igual al peso de la atmósfera, ó el peso de la columna de mercurio BC = BE + EC. Si de estas dos sumas iguales se quita la columna de mercurio BE que les es comun, los residuos son iguales, y de consiguiente la elasticidad del aire dilatado hasta al punto de ocupar el espacio AE es igual al peso de la columna de mercurio EC; pero mi-

diendo las longitudes AD, AE que el aire ocupa en los dos casos, se halla que AD : AE : : EC : BC; luego el espacio que ocupa una cantidad determinada de aire es en razon inversa de la fuerza que la comprime.

833. La misma proporcion subsiste cuando el aire es condensado.

Cuarto esperimento. Tómese un tubo corvo ONM (fig. 97), cuyo brazo MN tiene en toda su longitud el mismo diámetro. Se le echa un poco de mercurio para llenar ON y encerrar el aire en NM, sin hacerle sufrir la menor condensacion. Este aire se halla en este caso comprimido por el peso de la atmósfera, que equivale al peso de una columna de mercurio de 76 centimetros. Dispuesto todo asi, si se echa mercurio en el brazo PO hasta á la altura XO, el aire encerrado en NM será comprimido por el peso del mercurio XO, el que le hace subir desde N hasta Z; de modo que el aire no ocupará mas que la altura MZ. Si se tira una línea horizontal ZF, se ve que el peso de mercurio ZN está en equilibrio con el de FO, y que ocupando el aire el espacio MZ no está comprimido mas que por la columna de mercurio FX, y ademas por el peso de la atmósfera, que equivale á una columna de mercurio de 76 centimetros; pero si se miden las alturas MZ, MN que son sucesivamente ocupadas por aire, se halla que MZ es á MN como el peso de una columna de mercurio de 76 centimetros (28 pulgadas) es al peso de una semejante columna de mercurio mas el peso de la columna de mercurio XF, es decir en razon inversa de los pesos que comprimen.

La razon hallada no puede tener lugar; 1.° mas que en la hipótesis de una temperatura constante; 2.° solo suponiendo los tubos empleados para esta especie de esperimentos verdaderamente cilíndricos. Esto proviene de que se suponen los espacios MZ, MN, AD y AE (fig. 96) el uno al otro como las longitudes; suposicion falsa si los tubos no son perfectamente cilíndricos.

834. Por estar el espacio que ocupa una cantidad determinada de aire en razon inversa de su fuerza elástica, síguese que dada

la misma temperatura, la elasticidad de dos moléculas de aire no aumenta por su aproximacion.

Para hacer sensible esta conclusion concibamos una masa de aire encerrada en una vejiga que comunique con un tubo corvo que contenga mercurio, y supóngase que su fuerza elástica mantenga equilibrio con una columna de mercurio de 76 centimetros (28 pulgadas) de altura. Si se comprime la vejiga de modo que el aire se reduzca á la mitad de su volúmen, la capa de aire contigua á la superficie del líquido será evidentemente de una densidad dos veces mayor que la que tenia antes de la compresion, y de consiguiente un número doble de moléculas de aire tocará y obrará sobre esta superficie: luego, pues que segun la esperiencia, la altura de la columna de mercurio pasa á ser doble, es preciso que la elasticidad de cada molécula sea la misma, de que se sigue que dada la misma temperatura, la elasticidad de las moléculas de aire no aumenta por su aproximacion, y si solo se aumenta el número de moléculas que obran sobre una misma superficie.

835. La verdad que se acaba de establecer conduce visiblemente á los siguientes resultados: 1.º las moléculas de un gas no obedecen sensiblemente mas que á la fuerza repulsiva del calórico, y la atraccion que ellas tienen entre sí es muy pequeña con razon á esta fuerza. Asi su elasticidad depende esclusivamente de la temperatura, y de la cantidad de calórico libre que se halla en una masa de aire que es en igualdad de temperatura proporcional á su volúmen: porque si bajo el mismo volúmen hubiera mas en el estado de condensacion que en el de dilatacion la fuerza repulsiva de las dos moléculas vecinas seria aumentada.

2.º Si se disminuye de un tercio ó de una mitad el volúmen de un gas, debe desprenderse un tercio, ó una mitad del calórico libre que hay entre sus moléculas. El efecto del calórico asi desprendido se hace sensible en la velocidad del sonido. Contribuye probablemente á la produccion del esceso de velocidad, que se halla sobre la que da la teoría.

3.º Si se conciben dos volúmenes iguales de dos diferentes ga-

ses encerrados en dos recipientes de una misma capacidad é inestensibles, y que se suponga que á una temperatura dada la elasticidad de estos dos gases sea la misma; aumentando del mismo modo su temperatura, el aumento de su elasticidad será igual; pues que no depende mas que de su temperatura, si se concibe ahora que los recipientes que contienen el gas se hacen estensibles, los dos gases se dilatarán hasta tanto que su elasticidad se equilibre con la presion de la atmósfera que rodea los recipientes; y pues que en cada gas el volúmen está en razon inversa de la fuerza elástica, los dos gases tomarán el mismo volúmen, y se dilatarán igualmente, lo que es conforme con la esperiencia.

836. Si el aire tuviera en todas sus partes la misma densidad seria fácil determinar los límites de la atmósfera. Supóngase en efecto en toda la atmósfera la densidad del aire en la temperatura de la licuacion del hielo, y comprimida por una columna de mercurio de 76 centimetros (28 pulgadas), su altura seria de 7815 metros (24058 pies), como es fácil convencerse apelando á las leyes del equilibrio de los fluidos. Pero dista mucho de ser uniforme la densidad del aire; porque, pues que cada capa de aire es comprimida por las superiores, y que las capas mas elevadas son menos comprimidas, pues que la densidad del aire es en todas partes como la fuerza que le comprime, síguese necesariamente que su densidad disminuye á medida que se eleva sobre la superficie de la tierra.

837. ¿Pero hasta á que punto es el aire susceptible de dilatarse y condensarse? Hasta ahora los físicos no han logrado la solucion de este problema. *Boyle* observó que el aire puede dilatarse hasta al punto de llegar á 10,000 mas raro de lo que es en su estado natural. *Halley*, *Huyghens y Papin*, lo han visto 60 veces mas denso que el que respiramos. Estos términos de dilatacion y condensacion del aire sin duda no son aquellos en que se detiene la naturaleza, hay no obstante un término de que le es imposible pasar. La condensacion no puede pasar adelante hasta la penetracion de las partes; y si la dilatacion del aire aumenta con su distancia á la superficie de la tierra, su elasticidad será asi tan-

to mas dilatada cuanto la fuerza, con que cada molécula de aire tiende á apartarse de las que estan debajo de ella, llegue á ser menor que la fuerza de gravedad que las atrae constantemente hácia al centro de la tierra. Por lo que la dilatacion del aire tendrá su término en el punto en que estas dos fuerzas opuestas serán iguales.

838. Aunque con motivo de su pesadez el aire no puede dilatarse mas allá de un cierto término, con todo no es posible fijar con precision los límites de la atmósfera: porque como el aire puede ser de mas en mas raro, una masa de aire cuyo peso iguale al de una columna de mercurio de 76 centimetros (28 pulgadas) podrá tambien estenderse de mas en mas y ser mas raro, de modo que los límites de la atmósfera lleguen al infinito: debemos pues limitarnos á determinar el grado de enrarecimiento del aire á una distancia dada de la superficie de la tierra.

Sea un vaso *xayx* (fig. 98) cuyo fondo *ay* toque en la superficie de la tierra, y cuya parte superior *xx* termine en el estremo superior de la atmósfera. Imagínese el lado *ax* dividido en muchas partes *ab*, *bc*, *cd*, etc., cada una de 27 milimetros (1 pulgada), y descríbanse las líneas *bk*, *cl*, *dm*, etc. paralelas á *ay*. Es claro que el aire encerrado en el espacio *bkcl* es mas raro que el que está contenido en el espacio *aybk*. El aire encerrado en el espacio *cdml* es mas raro que el que contiene el espacio *bkcl*; y asi sucesivamente, el aire de cada capa de 27 milimetros (1 pulgada), es mas raro que el de la capa inferior inmediata. Supóngase ahora que cada capa de aire de 27 milimetros tenga en todas sus partes la misma densidad, pero mayor que la de la capa superior. Supóngase tambien que el aire contenido en el espacio *bl* sea reducido á un menor volúmen de manera que adquiera la misma densidad que el aire *ak*, lo que es fácil de determinar haciendo el espacio *bq* menor que *bl* en la misma razon que el aire *bl* es menos denso que el aire *ak*; sea de la misma manera el aire *cm* reducido al espacio *cr*, el aire *dn* al espacio *ds* etc.; en una palabra, que cada capa de aire se reduzca á la misma densidad que el aire *ak*. Por esta construccion es evidente que los

espacios *ak*, *bq*, *cr*, *ds* etc., son como las densidades respectivas de todas las capas *ak*, *bl*, *cm*, *dn* etc., y de consiguiente que la cantidad ó el peso del aire, que se estiende desde cada uno de estos espacios hasta el estremo de la atmósfera será como la suma de todos los espacios reducidos que se hallarán encima del espacio propuesto; asi la cantidad ó el peso del aire encima del espacio *ak*, será como la suma de los espacios *bq*, *cr*, *ds*, *fu* etc., porque siendo reducido el aire en todas sus partes á la misma densidad, su cantidad ó su peso será como el espacio que ocupa.

Sentado esto, la densidad del aire es como la fuerza que le comprime, (núm. 831): luego la densidad del aire en cada distancia de la superficie de la tierra es como la cantidad ó el peso de la parte de atmósfera que descansa sobre él: por lo que las densidades del aire en *ak*, *bl*, *cm*, son la una á la otra respectivamente como las cantidades de aire de encima de *bk*, *cl*, *dm*; pero se ha visto que estas densidades son como los espacios *ak*, *bq*, *cr*, respectivamente; y las cantidades que se estienden hasta lo alto de la atmósfera son tambien como los espacios *xbBqrstux*, *xdSstux*: luego los espacios *ak*, *bq*, *cr* son entre sí respectivamente como *xbBqrstux*, *xcRrstux*, *xdSstux*; pero los primeros espacios *ak*, *bq*, *cr* son las diferencias de los últimos: luego los espacios *ak*, *bq*, *cr* estan en progresion geométrica cuando las distancias *ab*, *ac*, *ad* estan en progresion aritmética, y como las densidades del aire que está en las tres primeras capas estan en progresion geométrica, las densidades del de las demas capas que se suponen formadas hasta lo alto de la atmósfera decrecen tambien segun la misma progresion.

839. Siendo la raridad de un cuerpo en razon inversa de su densidad, se sigue que cuando las distancias de la superficie de la tierra aumentan en progresion aritmética, los diferentes grados de raridad aumentan en progresion geométrica, y de consiguiente que el grado de elevacion es en todas partes proporcional al logaritmo de la raridad: de que resulta que si por esperiencia conocemos la raridad del aire á una elevacion cualquiera, se ha-

llará cual es su raridad á una elevacion propuesta bajo la proporcion siguiente. Como la elevacion en que se ha hecho la esperiencia, es á la elevacion propuesta, asi el logaritmo de la raridad del aire en la primera elevacion es al logaritmo de su raridad á la altura propuesta. Asi se sigue del famoso esperimento hecho por *Perrier* sobre el monte Puy-de-Dome, que á la altura de 12,000 metros el aire es cuatro veces mas raro que en la superficie de la tierra.

Se ha supuesto hasta aqui que el aire de cada capa de 27 milimetros de altura tiene la misma densidad en toda su estension. Esta suposicion no es exacta; porque la densidad del aire varía por poco que se mude de altura. No por esto la deduccion que de aqui se ha hecho es menos cierta; porque si en lugar de dividir la atmósfera en capas de 27 milimetros (1 pulgada) de altura, como se ha hecho, la dividimos en capas infinitamente pequeñas, y que se les aplique lo que se ha dicho de las capas de 27 milimetros, se tendrá siempre el mismo resultado.

840. Una vez bien conocida la elasticidad del aire, es fácil demostrar que es imposible hacer el vacío perfecto por medio de la máquina neumática. Todas las veces que se eleva el émbolo se forma un vacío en el cuerpo de bomba, el que se llena inmediatamente por el aire del recipiente que va pasando á él hasta tanto que tenga la misma densidad en el cuerpo de bomba y recipiente; porque si su densidad en el cuerpo de bomba fuese menor que en el recipiente, su fuerza elástica que es siempre proporcional á su densidad, seria tambien menor, y de consiguiente dejaria pasar aire del recipiente á la bomba, hasta tanto que las densidades fuesen iguales: de que se sigue que el aire que queda en el recipiente despues de cada golpe de émbolo, es al que habia en el mismo recipiente antes del golpe, como la capacidad del recipiente es á la capacidad de la bomba, y del recipiente tomados juntos; es decir que la cantidad de aire del recipiente disminuye cada golpe de émbolo en razon de la capacidad del recipiente á la del mismo recipiente y del cuerpo de bomba tomadas juntas: por lo que cada residuo es menor que el residuo ante-

cedente en la misma razon dada; de que se sigue que todos estan en una progresion geométrica decreciente; y de consiguiente que el vacío perfecto no puede existir en el recipiente sino despues de un número infinito de golpes de émbolo, lo que es imposible.

Para hacer mas sensible esta verdad, supóngase la capacidad del recipiente doble de la del cuerpo de bomba, despues de la primera estraccion del émbolo el residuo es $\frac{2}{3}$; por la misma razon despues del segundo golpe el residuo es $\frac{2}{3}$ del residuo precedente, ó $\frac{4}{9}$, y asi sucesivamente; esta disminucion siendo siempre en la misma razon de 2 á 3, se sigue que las cantidades de aire restantes en el recipiente decrecen en progresion geométrica.

Falta hablar de muchas máquinas de aire cuyo mecanismo es en el dia tan generalmente conocido como la causa de los efectos que producen. Me limitaré en esplicar en pocas palabras la fuente de compresion, y la fuente de Heron.

841. La fuente de compresion se compone de un vaso de cobre AB (fig. 99), puesto sobre un pie CD se le pone un tubo NO abierto por los dos estremos, guarnecido de una llave R, el que se ajusta á tornillo en el vaso, bajando el estremo inferior O casi á una línea del fondo. Para poner en accion esta máquina se llenan sus dos tercios de agua; por ejemplo hasta á AB, y esto por el lugar por donde se atornilla el canal NO. Se pone despues el tubo en su lugar: se destornilla la pequeña pieza N; y se le sustituye una pequeña bomba compresible PQ (fig. 100) la que sirve para hacer entrar una buena porcion de aire. Se cierra inmediatamente la llave R, se quita la bomba para sustituirle la pieza taladrada con uno ó mas agujeros.

La bomba recibe el aire por un orificio que hay en P, encima del que se eleva el émbolo; y este mismo émbolo, bajando le obliga á pasar por un pequeño agujero que hay en el fondo, armado de una válvula que impide que el aire ó el agua vuelvan á la bomba cuando de nuevo se levanta el émbolo. El aire impelido de este modo por el émbolo atraviesa el tubo NO, se eleva por su ligereza encima del agua, se reune con el que ocupa el espacio ANB, y aumenta de consiguiente su densidad. Este aire

adquiere por la compresion una fuerza elástica superior á la presion del aire esterior que resiste en el orificio N del canal. Esta fuerza obra contra la superficie AB del agua, y la determina á subir por el canal ON con tanta mayor velocidad cuanto la densidad del aire encerrado en el vaso supera la del aire esterior.

Despues de haber comprimido fuertemente el aire en ANB, si se abre la llave R, el agua sale y se eleva de repente á la altura de 9 ó 10 metros (como 30 pies); pero luego despues, la densidad del aire que da impulso al agua disminuye; disminuye tambien su fuerza elástica en la misma razon, y es menor la altura del surtidor.

842. La fuente de *Heron* está compuesta de dos recipientes agujereados de metal AB, EF (fig. 101) á los que se les puede dar una forma cualquiera. Estos recipientes estan unidos por medio de tubos de la misma materia CD, IK, ML, y está puesto en su estremo superior un pilon GH. El todo está sostenido por un pie cualquiera. El pilon GH comunica con el recipiente superior AB por el tubo CD abierto en D, el que lleva en C una pieza postiza que se atornilla cuando se quiere. Atornillándose el tubo en el fondo del pilon, puédese segun la necesidad quitar ó poner. El mismo pilon GH comunica con el recipiente inferior EF por medio del tubo IK abierto por los dos estremos el que va hasta cerca el fondo del recipiente. En fin los dos recipientes comunican entre sí por medio del tubo ML abierto en los dos estremos, al que atraviesa el recipiente superior AB casi en toda su altura. Para poner esta fuente en movimiento se llena de agua la mayor parte del recipiente superior destornillando el tubo CD, el que se coloca de nuevo en su lugar, se echa agua en el pilon GH, de modo que el tubo IK esté siempre lleno.

El agua que comprime para bajar en el recipiente inferior EF pesa contra la masa de aire que llena su capacidad. El aire comprimido marcha por el tubo LM, y ejerce toda la actividad de su resorte contra la superficie AB del agua que llena la capacidad superior, y esta agua comprimida sale en forma de surtidor por el tubo DC.

NOTA.

Los problemas que siguen servirán al mismo tiempo para ejercitar la sagacidad de los jóvenes dedicados al estudio de la física, y para manifestar la importancia de los principios que se acaban de establecer.

Primer problema. Se tiene sobre el agua un tubo cilíndrico, lleno en parte de aire, su altura encima del nivel del depósito es de 100 centimetros, y el agua sube 40 centimetros, de modo que el aire no ocupa mas que 60 centimetros. Pídese cuanto es menester hundir este tubo para que el agua quede en la misma altura que en el depósito.

Antes de la inmersion, la elasticidad del aire interior, mas la columna de 40 centimetros de agua que se hallaba en el tubo, se equilibraban con la presion atmosférica, es decir, con una columna de agua de 1040 centimetros; por lo que la elasticidad del aire interior era igual á la presion de una columna de 1000 centimetros de agua. Sentado esto sea x la cantidad que sea preciso hundir el tubo en el depósito, $100 - x$ será la altura del tubo encima del agua, y de consiguiente el espacio ocupado por el aire despues de la inmersion; pero para que haya equilibrio, la fuerza elástica del aire comprendido en este espacio debe ser igual á la del aire esterior, que es representada por 1040 centimetros; ademas la elasticidad de una dada masa de aire varía en razon inversa de su volúmen, luego $100^c - x : 60^c :: 100^c : 1040^c$; luego $104000^c - 1040 = 6000^c$, ó reduciendo $1040x = 44000$, y $x = \frac{44000}{1040} = 42^c \frac{4}{13}$. Luego hundiendo el tubo de $42^c \frac{4}{13}$, el agua bajará al mismo nivel que en el depósito.

Problema segundo. KLMN (fig. 102) es un recipiente cilíndrico exactamente cerrado, el que está lleno de aire hasta á AB, y comunica por el tubo corvo *abcd* con una campana cilíndrica móvil SIC llena en parte de aire, y ranversada en una cuba de agua EGHF, de modo que las estremidades *a* y *d* del tubo de comunicacion esten siempre encima del agua del recipiente y

en la campana; en fin la campana STC está sostenida por el peso P que se equilibra con ella por medio de la garrucha I, y el agua está en el mismo nivel en la campana móvil que en el depósito.

Ábrase la llave R, y no se cierre hasta tanto que se haya vaciado una cantidad de agua como ABCD. Pídese cuál será el movimiento del agua en la campana, el de la misma campana, y el del peso P.

Represéntese por a la cantidad de agua ABCD, y por V el espacio que el aire ocupa en las dos campanas, $V+a=V'$ será el volúmen ocupado por el aire despues de la abertura de la llave, suponiendo que el agua no se eleva en la campana; represéntese tambien la base interior de la campana por b, y su base total por B, $B-b=b'$ será la base de la pared de la campana; supóngase en fin que la elasticidad del aire esterior sea igual á la presion de una columna de agua, cuya altura es e.

El agua contenida en ABCD dilata el aire por su salida, por lo que el líquido sube en la campana, y aumentando su peso debe obligarla á bajar, de modo que se debe buscar la altura á que sube el agua en la campana, y la cantidad que esta baja; esta se indicará por x, y la primera por y.

La fuerza elástica del aire es en razon inversa de su volúmen; pero despues de la abertura de la llave el espacio ocupado por el aire interior es igual á V′ menos el volúmen de agua by que ha subido en el recipiente se tendrá

$$V'-by : V :: e : \frac{eV}{V'-by}$$

que representa la fuerza elástica del aire despues de haberse restablecido el equilibrio. El aire interior es comprimido en virtud del peso de la atmósfera e, disminuida de la altura á que el líquido se eleva encima del nivel EF; esta altura es $y-x$, asi la fuerza comprimente es $e-y+x$; pero en el caso de equilibrio debe ser igual á la fuerza elástica; luego

$$\frac{eV}{V'-by}=e-y+x, \text{ ó } eV=eV'-V'y+V'x-bey+by^2-bxy;$$

haciendo pasar todos los términos en el primer miembro, y atendiendo que $V'-V=a$, se ve

$by^2-bxy-(V'+be)y+V'x+ae=o.$ (1)

Para resolver el problema, es menester satisfacer á otra condicion, esta es que la campana esté en equilibrio con el peso P. Las fuerzas que la impelen son el peso de la campana que tiende á hacerla bajar, el peso P, y la pérdida que la parte sumergida sufre de su peso, que tienden á hacerla subir: estas tres fuerzas estaban en equilibrio antes de la abertura de la llave, pero despues el peso de la campana se halla aumentado por la subida del agua encima de EF, lo que determina una inmersion de la campana, y de consiguiente una disminucion mas considerable de su peso: es menester, pues, para que haya equilibrio, que el aumento de peso producido por el ascenso del agua, iguale la disminucion que esperimenta por la inmersion de la campana. La elevacion del agua encima de ab es $y-x$, el volúmen de agua subido en la campana y por consiguiente el aumento de su peso es $(y-x)\,b$; la pérdida que sufre de su peso la parte sumergida situada encima de $t't'$ es igual al peso de un semejante volúmen de agua, es decir á $b'x$; luego

$$(y-x)\,b=b'x,\ \text{ó}\ by=Bx,\ y\ x=\frac{by}{B}. \quad (2)$$

Sustituyendo en lugar de x su valor en la ecuacion (1), se tendrá $(Bb-b^2)\,y^2-(BV'+Bbe-bV')\,y+Bae=o.$

Reduciendo á la unidad el coeficiente de y^2, y observando que $B-b=b'$, resulta

$$y^2-\frac{b'V'+Bbe}{bb'}y+\frac{Bae}{bb'}=o,$$

de que

$$y=\frac{b'V'+Bbe}{2bb'}\pm\sqrt{\left\{\frac{b'^2V'^2+B^2b^2e^2+2Bbb'eV'}{4b^2b'^2}-\frac{Bae}{bb'}\right\}},$$

reduzgo al mismo denominador la cantidad bajo del signo, lo que da observando que $V'-a=V$

$$y=\frac{b'V'+Bbe\pm\sqrt{[b'^2V'^2+B^2b^2e^2+2Bbb'e(V-a)]}}{2bb'} \quad (3)$$

El valor de x resultó por medio de la espresion $x = \frac{by}{B}$; se conoce pues la altura á que el fluido asciende en la campana, y el descenso de esta. Para tener el ascenso del peso P basta atender á que los espacios corridos por las dos cuerdas tS, pP son como los radios It, Ip, que se representan por R y r; luego $R : r :: x : \frac{rx}{R}$ altura á que se eleva el peso P.

Si no se atendiera al espesor de las paredes de la campana STU, b' seria o, y B igual á b; la segunda ecuacion (2) daria $x = y$, y la ecuacion (1) se mudaria en $-(V' + be)x + V'x + ae = 0$, ó $bex = ae$, luego $x = \frac{a}{b}$.

CAPÍTULO III.

DEL SONIDO.

843. El sonido consiste en un movimiento de vibracion imprimido á un cuerpo sonoro, comunicado despues por este cuerpo al fluido que le rodea, y transmitido en fin por este fluido hasta al órgano del oido quien recibe la impresion. Vamos á examinarlo segun estas diferentes relaciones.

844. Las moléculas de los cuerpos que dan sonido tienen un movimiento de vibracion; porque si se hieren cuerpos que no sean elásticos no dan sonido alguno. Este movimiento de vibracion se halla en todos los cuerpos sonoros; es sensible en las cuerdas de violin, de harpa, de clave; manifiéstase particularmente en las grandes campanas, y en muchos otros cuerpos.

Primer esperimento. Hiérase una campana de vidrio delgada que se tenga en la mano por el boton que hay en su parte superior, y aproxímese su boca á un cuerpo sólido quieto: si la distancia es pequeña, la campana por su movimiento de vibracion tocará muchas veces á este cuerpo.

845. Importa advertir que el sonido no depende inmediata-

mente de este movimiento de vibracion, que se manifiesta á la vista, sino de otro movimiento de vibracion de que estan animadas las menores moléculas en el movimiento de que se trata.

Segundo esperimento. Una lámina de hierro elástica suspendida tiene un movimiento de vibracion visible, si despues de haber aproximado sus estremidades entre sí se suelta repentinamente, al paso que no se oye sonido alguno.

846. ¿Pero para que un cuerpo elástico dé sonido, es menester que todas sus moléculas esten animadas de un movimiento de vibracion? Los bellos esperimentos de *Chaladni*, descubiertos en 1784, me parecen propios para resolver esta cuestion.

Tercer esperimento. Tómese por enmedio, entre el pulgar y el índice un platillo de vidrio homogéneo, al que se le haya dado una figura regular cualquiera, y sobre cuya cara superior se haya esparcido arena muy fina; se hace resbalar por su borde un arco de violin, y al instante se ve escitarse un movimiento de vibracion al rededor de ciertos puntos que reciben toda la arena antes diseminada por la superficie, de modo que forma una figura regular tanto mas compuesta cuanto mas alto es el tono. Si se pone el platillo de otro modo, ó se hace resbalar el arco por otro punto, la figura muda con el sonido.

Este esperimento prueba que el movimiento de todas las moléculas de un cuerpo elástico no es necesario para producir sonido. En el caso de que se trata, muchas partes del vidrio quedan perfectamente inmóviles, y las otras hacen sus oscilaciones al rededor de estos puntos de modo que se mueven en dos sentidos. Los puntos fijos llevan el nombre de *nodos de vibracion*.

Se observa lo mismo en las cuerdas que vibran. Si se tiene una cuerda tendida, y se hace resbalar el arco encima una cualquiera de sus partes, vibra por toda su longitud; pero si se pone un obstáculo en medio de la cuerda, este punto no vibra mas, y la cuerda se parte para decirlo así en dos mitades de las que cada una vibra separadamente. Si el obstáculo se sitúa en otro punto cualquiera de la cuerda, no solo el punto en que se halla el obstáculo se hace un nodo, sino tambien todas las partes alicuotas

de la cuerda. Asi si se coloca el obstáculo en el tercio de la longitud de la cuerda, hay tres nodos. Se forman cuatro, cinco etc., si el obstáculo se halla en el cuarto ó quinto de la cuerda.

La sonoridad no pertenece esclusivamente á los cuerpos sólidos elásticos; los fluidos elásticos tienen tambien esta propiedad. Un golpe de látigo que sacude un postillon, el silvido de una varilla movida con mucha velocidad, no son otra cosa que el sonido dado por el aire cuyas moléculas se ponen en vibracion, por ser heridas por un cuerpo sólido. En el sonido de una flauta, no se ve otra cosa que un cierto volúmen de aire que sale de la boca del que toca, para herir otra masa de aire contenida en el instrumento. Aqui el aire es el cuerpo sonoro: si no fuera asi, es decir, si las vibraciones de que se compone la flauta contribuyeran á la formacion del sonido que da, en igualdad de circunstancias dos flautas de diferente materia deberian dar sonidos diferentes; lo que es contrario á la esperiencia.

847. *El aire es el medio por el que se propaga el sonido desde el cuerpo sonoro hasta al órgano del oido.*

Cuarto esperimento. Pónganse sobre la platina de la máquina neumática dos almoadillas de algodon encima de las que se coloca una pequeña plancha de plomo, que sostiene un dispertador. Cúbrase todo con un recipiente del que se estrae el aire, no se oye sonido alguno. Si se introduce un poco de aire en el recipiente, al instante se oye un sonido débil cual va subiendo por grados á medida que entra el aire.

Es pues el aire el vehiculo del sonido; todos los gases permanentes y no permanentes lo difunden con diferentes grados de intensidad, que *M. Perol* ha determinado. El agua purgada de aire lo propaga, y segun los esperimentos de *Chaladni*, algunos sólidos muy elásticos pueden transmitirlo diez y seis ó diez y siete veces mas vivo que el aire. No nos sorprenda pues, 1.° que se oiga el sonido despues de haber estraido el aire del recipiente, si no se ha cuidado de aislar el cuerpo sonoro, es decir, impedir que toque inmediatamente la platina ó el recipiente; 2.° que se oiga distintamente el choque de un alfiler contra la estremidad de

una larga viga teniendo la oreja en el otro estremo. Lo que hay de particular en este esperimento, es que el sonido pierda tan poco de su fuerza para llegar á una distancia tan grande, al paso que apenas es oido al traves del mismo madero. La causa de este fenómeno consiste en que las fibras longitudinales de la madera son mucho menos interrumpidas por su porosidad, que la reunion de estas mismas fibras, que forma el espesor de la viga.

848. Lo que importa concebir claramente es el modo como se hace la propagacion del sonido al traves del aire atmosférico.

849. Si se arroja una piedra á la superficie del agua tranquila, la superficie del agua se cubre de olas circulares que salen sucesivamente de la piedra como centro, y se alejan siempre paralelas, aumentando de grandor, hasta que hallando en fin el borde, se desvanecen ó reflejan las unas sobre las otras. De la misma manera dicen algunos físicos, los movimientos de vibracion escitados en los cuerpos sonoros, producen en el aire iguales undulaciones, las que difundiéndose á grandes distancias en círculos concéntricos, llegan al fin al órgano del oido.

Estos movimientos del aire y del agua tienen sin duda algun carácter de semejanza, pero bajo estos respetos presentan una especie de oposicion que no permite confundirlos.

Cuando las moléculas del cuerpo sonoro se ponen en movimiento de vibracion, estan sucesivamente trasportadas adelante y atras; cuando van hácia adelante comprimen necesariamente las moléculas de aire que les son contiguas, les imprimen un movimiento hácia adelante en la misma direccion que el suyo, y de consiguiente las condensan. Pero cuando las partecillas del cuerpo sonoro vuelven atras, las moléculas de aire que se habian condensado se restablecen y dilatan; de que resulta evidentemente que las moléculas contiguas de aire adquieren un movimiento de vibracion semejante al del cuerpo sonoro.

Pues que el cuerpo sonoro produce un movimiento de vibracion en las moléculas del aire que le estan contiguas, estas comunicarán un movimiento semejante á las inmediatas, estas á otras y asi sucesivamente; y del mismo modo que las primeras

son condensadas al marchar hácia delante, y dilatadas al volver atras, las últimas son tambien condensadas, y dilatadas bajo igual órden: de que se sigue que no irán todas juntas hácia delante y atras, porque en este caso sus distancias respectivas serian siempre las mismas, y de consiguiente no podrian ser sucesivamente condensadas ni dilatadas; pero chocando las unas contra las otras cuando estan condensadas, y apartándose cuando estan dilatadas, debe resultar que una porcion se vaya hácia adelante mientras la otra vuelve atras, y que esto suceda sucesivamente desde la primera hasta la última.

850. Asi es como se produce la propagacion del sonido por las sucesivas vibraciones del aire, las que saliendo del cuerpo sonoro van á herir al órgano del oido, y como las vibraciones de los cuerpos sonoros se suceden por intervalos de tiempos iguales, las que se escitan en el aire por estas diferentes vibraciones, se suceden tambien las unas á las otras por intervalos de tiempos iguales.

851. Las undulaciones del aire consisten pues en una dilatacion y una condensacion recíproca de sus diferentes partes, asi como las del agua consisten en un flujo y reflujo sucesivo, y recíproco de las partes del agua. Las vibraciones de las porciones condensadas de aire corresponden á los ascensos del agua en el flujo, y del modo que estas partes de agua elevadas bajan por su pesadez, de la misma manera las partes de aire condensadas se dilatan seguidamente por la fuerza de su resorte.

852. Conviene notar que la propagacion de las ondas aereas se hace en todas direcciones. Porque el aire que rodea las que se forman segun la direccion del movimiento de las partes del cuerpo sonoro, hallándose en su estado natural, se hará ahora mas raro, ahora mas denso segun el que vibre, se dilate, ó se condense. Sucederá pues que cuando el aire de las undulaciones se dilate, el que le rodea se condensará, y ocupará su lugar, es decir, que este aire ambiente será mas denso en el tiempo de las vibraciones, y mas raro en sus intervalos: adquiriria pues este movimiento de undulacion que ha producido el cuerpo sonoro en las partes que

le rodean inmediatamente. Como el aire que rodea al que está directamente espuesto á las primeras vibraciones adquiere el mismo movimiento, debe tambien comunicarlo al aire que le rodea, y asi estas undulaciones se estenderán por todas las regiones de la atmósfera segun todas las direcciones imaginables.

853. Procuremos ahora indagar las diferencias de las velocidades de las ondas de aire y de las de agua. Es en el dia generalmente sabido que todos los sonidos pasan al traves del aire con una velocidad determinada, sobre la que la intensidad del sonido no tiene influencia alguna. *Gassendi* y otros físicos despues de él, considerando una perfecta analogía entre las undulaciones del aire y las del agua, creyeron que las olas del agua se difundian siempre con las del aire, desde el cuerpo central que las escita asi con una velocidad determinada, sea cual sea la magnitud, ó la fuerza del cuerpo central que las produce.

854. Los académicos de Florencia han refutado completamente esta opinion con multiplicados esperimentos que comprueban que cuanto mas ancha es una piedra, y cuanta mayor sea la fuerza con que ha sido arrojada contra la superficie de una agua tranquila, tanto mas veloces son las ondas que forma.

855. *Newton* consideró la naturaleza de las ondas del agua, el modo como se forman, y de esta sola consideracion dedujo á *priori* las velocidades. Concluyó que cuando la fuerza que da orígen á estas ondas se aumenta, y de consiguiente que cuando sus distancias mútuas son tambien mayores, sus velocidades aumentan como las raices cuadradas de sus distancias; y lo mas particular es que hace ver que en todos los casos la velocidad es tal, que si se toma la longitud de un péndulo igual á las distancias de las ondas, estas correrán un espacio igual al mismo intervalo que hay entre dos ondas en el tiempo que el péndulo hará sus vibraciones. Dedujo tambien *Newton* á *priori* la velocidad del sonido. Me limitaré en esponer el método general que le condujo á determinar esta velocidad.

856. Se ha visto que para formar las ondas necesarias para la propagacion del sonido, cada molécula de aire debe ser movida

hácia adelante, y hácia atras, girando para decirlo asi en un espacio muy estrecho. *Newton* va mas lejos: demuestra que este movimiento hácia adelante y atras no es uniforme, sino acelerado y retardado por grados, y precisamente el mismo que el de un péndulo. Concibe despues la atmósfera reducida toda á una misma densidad y semejante á la del aire inmediato á la superficie de la tierra. Determina la altura de la atmósfera reducida á esta densidad. Imagina despues un péndulo tan largo como esta altura, y calcula en qué proporcion de tiempo las moléculas aereas, y este péndulo completarian sus respectivas vibraciones. Comparando los espacios y las velocidades con que son corridos, halla que el tiempo de las vibraciones de las moléculas de aire es al de las vibraciones del péndulo, como la distancia de las undulaciones entre sí, ó como el intervalo de las vibraciones es á la circunferencia de un círculo cuyo radio fuese la longitud del péndulo, ó la altura de la atmósfera reducida; pero las ondas yendo hácia adelante describen un espacio igual á su intervalo en el tiempo que cada molécula de aire hace su vibracion: luego el tiempo en que las ondas corren uno de sus intervalos es al tiempo en que el péndulo hace una de sus vibraciones yendo tambien adelante, como el intervalo entre las ondas es á la circunferencia que se acaba de determinar.

857. *Newton* dedujo de aqui que la velocidad de estas ondas de aire, ó lo que es lo mismo, que la velocidad del sonido es tal que podria correr un espacio igual á la circunferencia de un círculo cuyo radio fuese la altura de la atmósfera reducida, en el tiempo que un péndulo de la misma longitud que este radio, haria una oscilacion; ó que la velocidad del sonido seria igual á la que adquiriria un cuerpo pesado cayendo de la mitad de la altura de la atmósfera reducida. Bajo estos datos halla *Newton* por el cálculo, que el sonido debe correr 479,71 metros (1140 pies) por segundo.

858. Este resultado es á corta diferencia conforme con los esperimentos que han tentado sobre este objeto con el mayor cuidado *Thuri*, *Maraldi y La-Caille*, en una distancia que tenia

por términos la torre de Montlheri, y la pirámide de Monmartre. El observador estaba colocado entre las dos. *Véanse* las memorias de la academia año 1738, pág. 128.

859. He dicho á corta diferencia, 1.º porque el viento favorable ó contrario puede aumentar ó disminuir esta velocidad. El viento no es otra cosa que una cierta cantidad de aire movido hácia adelante por un movimiento directo y progresivo. Si esta masa de aire es movida en la misma direccion que las ondas sonoras, estas participarán del mismo movimiento: si se mueve en sentido contrario, el movimiento de las ondas será retardado, de modo que la velocidad del sonido aumentará en el primer caso, y disminuirá en el segundo proporcionalmente á la velocidad del viento.

860. 2.º El calor y el frio influyen tambien en la velocidad del sonido; pues que por ser el aire enrarecido por el calor, la altura de la atmósfera, supuesta por todas partes igual la densidad, aumentará proporcionalmente á esta espansion, y de consiguiente la velocidad del sonido que es igual á la que adquiriria un cuerpo pesado cayendo de la mitad de esta altura, será tambien aumentada en razon súbdupla de esta misma espansion. Lo mismo puede decirse de los efectos del frio, á saber, que la velocidad del sonido disminuirá en razon súbdupla de la condensacion del aire.

861. 3.º Las variaciones de la altura del mercurio en el barómetro no tienen influencia alguna en la velocidad del sonido. La esperiencia prueba esta verdad, y la teoría lo confirma; porque aunque la estension de la atmósfera reducida al mismo grado de densidad sea á menudo variada, no obstante, haciendo abstraccion de estas variaciones producidas por el calor y el frio, su densidad mudará siempre en la misma proporcion; su altura será constante, y de consiguiente la velocidad adquirida cayendo de esta altura que es igual á la del sonido, será siempre la misma: de que se sigue que la propagacion del sonido sucede con igual velocidad, sea que el aire esté mas ó menos denso, sea que su elasticidad aumente ó disminuya en la misma razon que su den-

sidad, y esto sucede siempre á no ser que el calor y el frio desarreglen esta proporcion.

862. Las ondas sonoras que encuentran algun obstáculo en su camino son reflejadas como los cuerpos elásticos, haciendo ángulo de reflexion igual al de incidencia. El movimiento que estas ondas reciben en la reflexion es comunicado á las que las siguen, y asi sucesivamente, de modo que el sonido se difunde de nuevo en todas direcciones, volviendo del obstáculo al espacio que habia antes atravesado. Este sonido reflejado escita en el órgano del oido una sensacion semejante á la que produjo el sonido directo. Algunas veces estas dos sensaciones van separadas por tan pequeños intervalos de tiempo que parecen confundirse; esto sucede cuando uno está á corta distancia del obstáculo. Si uno se halla á alguna distancia del obstáculo, la sensacion producida por el sonido directo es distinta de la que ocasiona el sonido reflejo, y se tiene entonces lo que se llama *eco*.

863. Es fácil reunir los rayos sonoros, y condensarlos como se condensan los rayos luminosos. Esta condensacion se efectúa por medio de una corneta de figura parabólica, en cuyo fondo termina un pequeño canal, y se coloca el otro estremo en la oreja. Por este medio los rayos paralelos se juntan en el foco de la parábola, y el sonido recibe un nuevo grado de fuerza.

864. El sonido se distingue del ruido en que el primero es producido por vibraciones regulares y homogéneas que producen impresiones en el órgano del oido, al paso que el ruido es un temblor irregular, ó mejor la union de muchos sonidos que hacen una impresion confusa sobre el órgano del oido.

865. El conocimiento de la velocidad del sonido no es una cosa frívola. Se puede emplear con ventaja, 1.° para tener la medida aproximada de la distancia que separa lugares lejanos, observando el tiempo que medie entre la luz percibida y el ruido que se oiga; 2.° podemos servirnos de este conocimiento para determinar la anchura de algun rio cerca de su embocadura; 3.° puédese en tiempos borrascosos disparando cañonazos en la orilla del mar preservar el naufragio de los navios, que viendo la llama

y oyendo el golpe, reconocerán á qué distancia se hallan del lugar que deben evitar.

866. Falta hacer ver como las ondas escitadas en el aire por el movimiento del cuerpo sonoro pueden escitar en nosotros la sensacion del sonido. Llegan al oido las ondas aereas y entran en el canal que se halla en su parte esterior. Este canal está terminado por una membrana delicada, y muy tendida llamada *tímpano*, la que separa la parte esterior de la oreja de su parte interior.

Las moléculas de aire vecinas á esta membrana, una vez escitadas por el movimiento de undulacion hieren al tímpano, le comunican un movimiento de vibracion que es transportado al aire que contiene la cavidad interior de la oreja; unos pequeños huesos se ponen en movimiento por la agitacion del tímpano; espárcese el movimiento de undulacion por ciertos pequeños canales dispuestos de un modo particular; toda la superficie ósea de esta cavidad es chocada por las moléculas aereas que estan en movimiento; y resulta que este se comunica al nervio auditivo que está adherente al órgano de que se trata, y que penetra hasta su cavidad. No entraré en una descripcion mas circunstanciada del órgano del oido, pues que esto basta para el objeto que me he propuesto.

867. Hay diferencias en el sonido segun el número de ondas producidas en el aire en un cierto tiempo; porque la sensacion que se esperimenta es diferente segun el diferente número de percusiones sobre el órgano del oido.

868. El tono depende de este número de ondas producidas en el aire. Este es tanto mas agudo cuanto las percusiones del aire son mas frecuentes, y tanto mas grave cuanto menos es el número de ondas.

869. Los grados de altura de diferentes tonos son como el número de ondas escitadas en el aire en el mismo tiempo.

870. Las consonancias salen de la conveniencia entre los diferentes movimientos en el aire, que hieren al mismo tiempo el nervio auditivo.

871. Si dos cuerpos sonoros hacen sus vibraciones en tiempos

iguales, no hay diferencia alguna en los tonos; y esta consonancia la mas perfecta de todas, se llama *unisona.*

872. Si las vibraciones son como 1 á 2 la consonancia se llama *octava.*

873. Si las vibraciones son como 2 á 3, es decir, si la segunda vibracion de un cuerpo coincide siempre con la tercera de otro, la consonancia se llama *quinta.*

874. Las vibraciones que son como 3 á 4 dan una consonancia que se llama *cuarta.*

875. Si las concusiones en el aire son como 4 á 5, se llama *tercera-mayor.*

876. Se llama en fin *tercera-menor* la consonancia formada por el concurso de la quinta vibracion de un cuerpo con la sexta de otro.

De las cuerdas vibrantes.

El número de oscilaciones que hacen las cuerdas elásticas tendidas y tocadas con un arco, se compone de diversos elementos, cuya naturaleza y proporciones importa conocer.

877. 1.º Dada la misma longitud é igual diámetro de dos ó mas cuerdas, los números de vibraciones en un tiempo dado son como las raices cuadradas de los pesos que las tienen tendidas.

Sean las dos cuerdas AB, *ab* (fig. 103), las que no se diferencien mas que en la tension; la primera esté tendida por un peso como 1 atado en el punto B, y la segunda por un peso como 4 suspendido del punto *b*. La cuerda AB siendo tocada en F venga hasta G, y la *ab* venga á *g*; es evidente que las cuerdas se restituirán con una fuerza proporcional á su elasticidad, la que será como los pesos que las tienen distendidas. Puédense pues comparar estas cuerdas con péndulos de la misma longitud que sean impelidos de G hasta á F, y de *g* hasta á *f* por fuerzas atractivas en la razon de 1 á 4: los tiempos de sus vibraciones son como 2 á 1, esto es, en razon inversa de las raices cuadradas de las fuerzas atractivas ó de las tensiones, (núm. 547); y de consiguiente los números de vibraciones que suceden en un tiempo dado son como las raices cuadradas de estas tensiones.

878. 2.º Si dos cuerdas del mismo diámetro y de longitud diferente son tendidas por pesos iguales, los números de vibraciones son en razon inversa de las longitudes. Porque suponiendo las longitudes en la razon de 1 á 4, es claro que la tension se partirá uniformemente en las dos cuerdas, y cada punto de la segunda no tendrá mas que el cuarto de la tension de un punto de la primera. Se podrá pues, mientras que estas cuerdas vibrarán, mirarlas como péndulos cuyas longitudes y las fuerzas atractivas son diferentes: por lo que los tiempos de las vibraciones estarán en razon directa de las raices cuadradas de las longitudes, y en razon inversa de las raices cuadradas de las fuerzas atractivas, de modo que se tendrá, que el tiempo de las vibraciones de la primera cuerda es al tiempo de las vibraciones de la segunda como $\frac{1}{1}$ es á $\frac{2}{\frac{1}{2}}$ ó como 1 es á 4: luego los números de las vibraciones son como 4 á 1, es decir en razon inversa de las longitudes.

879. 3.º Suponiendo dos cuerdas de la misma longitud tendidas por pesos iguales, los números de las vibraciones son en razon inversa de sus diámetros. Porque si los diámetros estan en la razon de 1 á 2, se podrá concebir la segunda cuerda partida en otras cuatro del mismo diámetro que la primera; pero que cada una tendrá una tension espresada por $\frac{1}{4}$. Los números de las vibraciones serán pues como las raices cuadradas de estas tensiones, es decir, como 1 á $\frac{1}{2}$ ó en razon inversa de los diámetros.

Síguese de aqui que bajo igual densidad el número de vibraciones en un tiempo dado es proporcional á la raiz cuadrada del peso que distiende una cuerda, dividida por el producto de la longitud de la cuerda por su diámetro.

Tailor fue el primero que fue conducido á este resultado, aunque por un método diferente del que me he servido para establecerlo.

880. Esta teoría manifiesta por qué en los instrumentos de música la parte sonora está siempre dispuesta de modo que se puede fácilmente mudarle las dimensiones, ó el grado de tension.

Las cuerdas delgadas de una gaita zamorana que dan el mismo sonido figuran los sonidos, porque las teclas que se pulsan las acortan mas ó menos para formar los tonos. En el violin son los dedos los que hacen de teclas, apretando las cuerdas sobre las divisiones del mango. En el clave en que cada cuerda tiene un solo sonido, la estension viene del mayor número de cuerdas, como tambien de su longitud y grosor. Sucede lo mismo en los instrumentos de viento. Una flauta encierra una columna de aire que es el cuerpo sonoro; cuya longitud varía segun el número de agujeros que se abran, ó se mantengan cerrados; porque haciendo comunicar cada uno de estos agujeros el aire esterior con el del tubo, impide que este último reciba en toda su estension las vibraciones que empiezan en la embocadura. El juego de dedos de nada sirve en la trompa de casa, ni en la trompeta; la diferencia de tonos depende únicamente del modo de aumentar ó disminuir la abertura de los labios, segun que se quiera producir un sonido mas grave ó mas agudo.

LIBRO SEXTO.

PARTE SEGUNDA.

DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AIRE ATMOSFERICO.

881. El aire atmosférico es el disolvente del agua; alimenta la combustion y la respiracion: tales son las principales propiedades químicas que distinguen á este fluido aeriforme. Hablando del agua se indagará la primera de estas propiedades. Para dar el justo valor á las otras dos, conviene conocer la naturaleza del aire atmosférico.

CAPÍTULO PRIMERO.

DE LA NATURALEZA DEL AIRE ATMOSFÉRICO.

882. Antes de entrar en materia procuremos concebir claramente la estructura de la atmósfera. El calor solar y el central son las dos causas principales del calor de nuestro planeta. El calor central es en nuestra latitud (1) de 12 grados centígrados. Las observaciones hechas desde un siglo á esta parte en el observatorio de Paris no dejan duda alguna sobre este objeto; pero un calor de 12 grados es insuficiente no solo para volatilizar los cuerpos que se hallan en la superficie del globo, sino tambien para

(1) *El calor central, es decir, la temperatura de las capas esteriores de la tierra que llamamos* subterráneas, *es diferente en diferentes latitudes. Parece que está en su* maximum *en el ecuador. De aqui va sucesivamente disminuyendo á medida que se adelanta hácia al polo.*

mantener una suave temperatura. Las regiones polares, privadas por largo tiempo de la presencia del sol se enfrian de tal manera que se esperimentan allí los mas vivos y rigurosos frios. Durante el invierno, en que el sol ilumina por menos tiempo nuestro horizonte, y que sus rayos vienen mas oblicuos, sentimos violentos frios en nuestras regiones, aunque el calor central sea constantemente el mismo. Los cuerpos sólidos sufren un enfriamiento muy sensible, y muchos líquidos adquieren la forma sólida. Esta es la suerte que tocaria á nuestro planeta si de repente fuese transportado á una region mucho mas fria del sistema solar. No obstante la influencia del calor central, los líquidos se transformarian en masas sólidas; las sustancias gaseosas perderian su fluidez aeriforme para pasar al estado de liquidez. Con esto se ve que el calor solar es la principal causa del entretenimiento del calor que calienta nuestro planeta, de la volatilizacion de las sustancias que se hallan en su superficie, y de consiguiente del desprendimiento de los fluidos aeriformes que son el fruto de esta transformacion. Por lo que la atmósfera no es otra cosa que el conjunto de todas las sustancias susceptibles de evaporarse ó mas bien de conservar el estado aeriforme en el grado habitual de temperatura en que vivimos, y en una presion igual al peso de una columna de mercurio de 76 centimetros (28 pulgadas). Estos fluidos forman una masa, desde la superficie de la tierra hasta á la mayor altura á que se haya llegado hasta ahora, y esta primera capa está cubierta probablemente, como se verá despues, de un fluido aeriforme particular, que marcha por su mucha ligereza, á las regiones superiores para ocupar el lugar que le corresponde por su gravedad específica y para producir los metéoros mas admirables que nos presenta la atmósfera.

883. ¿Pero cuáles son los fluidos aeriformes que componen esta capa inferior en que vivimos? tal es el importante problema cuya solucion voy á procurar.

884. La analísis y la síntesis son los solos medios que estan en nuestro poder para indagar la naturaleza de los cuerpos. Cuando se pueden emplear los dos, se forma un cuerpo de pruebas el

mas completo y satisfactorio. En el objeto que actualmente nos ocupa tenemos la ventaja de reunirlos. Podemos descomponer el aire atmosférico, y volverlo á componer con los mismos elementos que resultan de su descomposicion.

Primer esperimento. Tómese una campana de vidrio de una cierta altura la que se pone boca abajo encima de un plato medio lleno de agua, de la que sobresale una vela encendida. Se ve que al instante la llama se disminuye, toma un color azul, se apaga enteramente despues de algunos segundos, y el agua del plato sube poco mas ó menos hasta á la cuarta parte de la altura de la campana.

Si se transporta despues la campana al aparato neumato-químico, y se ensaya el aire que en ella ha quedado despues de la combustion, se halla que se ha viciado, esto es, se ha hecho impropio para la combustion y respiracion.

885. 1.º Es fácil ver que hay absorcion de aire en este esperimento, porque luego que la bugía está apagada el agua sube hasta cerca la cuarta parte de la altura de la campana; el ascenso del agua demuestra la existencia del vacío, y de consiguiente la absorcion de una parte del aire contenido en ella. No se diga que el aire encerrado en la campana es enrarecido por la llama, y que por esto se escapan siempre algunas ampollas en el momento en que se coloca la vela en la campana, y que por consiguiente el ascenso del agua debe mirarse como el efecto de la sola condensacion del aire por el enfriamiento, cuando la estension de la bugía reconoce por causa la dilatacion del aire producida por el calórico. Es fácil destruir esta objecion, haciendo desaparecer las circunstancias accesorias en que se apoya. A este fin se coloca la bugía en un grande frasco, despues de haber fijado en la estremidad del pávilo un pequeño pedazo de fósforo; se cierra despues el frasco con un tapon que lleva un tubo de vidrio de 40 á 45 centimetros (15 á 20 pulgadas) de longitud, el que comunica con una grande campana colocada anteriormente sobre la tablilla de la cubeta hidro-neumática, con el fin de obtener el aire encerrado en la presion uniforme de la atmósfera.

Dispuesto todo asi, se enciende la vela por medio de una lente fuerte, y se observa á un tiempo la estincion de la vela y la disminucion del volúmen de aire, determinada por el ascenso del agua encima del punto en que se hallaba antes de la operacion; de que se sigue indubitablemente que el efecto es independiente sea de la condensacion, sea del enrarecimiento del aire calentado, y que por consiguiente, el ascenso del agua reconoce por causa la absorcion de una parte de aire contenido en la campana. 2.º La absorcion del aire se hace únicamente á espensas de un fluido aeriforme capaz de alimentar la combustion, y pues que el agua sube á corta diferencia hasta al cuarto de la altura de la campana, se sigue que este fluido aeriforme forma la cuarta parte de la atmósfera. 3.º El aire que queda en la campana despues de la estincion de la vela es del todo mefítico; por lo que es menester concluir que el aire atmosférico está compuesto de cerca las tres cuartas partes de un gas mefítico, y de una parte de un fluido aeriforme propio para la combustion y la respiracion.

886. Este esperimento se hace mas interesante, si se colocan en la cápsula que sostiene la campana llena de aire atmosférico, muchas bugías encendidas y de diferente altura. En este caso las velas se apagan sucesivamente empezando la mas elevada, porque el fluido aeriforme que es el solo apto para fomentar la combustion, falta mas pronto en la parte superior de la campana, que en la inferior, lo que nada tiene de estraño; porque, como se manifestará luego, la gravedad específica de este gas respirable es mayor que la del gas mefítico, que concurre con él á la formacion del aire atmosférico. Este esperimento ha suministrado el medio de separar los dos gases que componen el aire atmosférico; pero no el de volverle á componer dados los elementos que resultan de su descomposicion. El siguiente esperimento nos ofrece esta doble prueba de la composicion del aire atmosférico.

887. *Segundo esperimento.* Tómese un matras, esto es, un globo de vidrio con un largo cuello de cerca 0,1027 metros cúbicos (3 pies cúbicos) de capacidad, cuyo cuello de una longitud considerable BCDE, tenga poco mas ó menos 15 milimetros

(7 líneas) de diámetro interior. Se encorva como está representado (fig. 104), á fin de poder colocarse en un hornillo (1) MMNN, al paso que la estremidad E de su cuello termina debajo la campana FG, colocada en un baño de mercurio RRSS. Se introducen en este matras cerca de 120 gramos (4 onzas) de mercurio muy puro; en seguida sorbiendo con un sifon que se introduce debajo de la campana FG, se hace subir el mercurio hasta á LL, se señala con mucho cuidado esta altura con una faja de papel encolada, y se observan exactamente el termómetro y el barómetro. Estando asi todo dispuesto, se pone fuego en el hornillo y se mantiene sin interrupcion hasta que el mercurio se haya calentado casi en el grado necesario para ponerse en ebulicion.

En el primer dia de la operacion el mercurio se halla en un continuo estado de evaporacion, cubre de gotas el interior de los vasos al principio muy pequeñas y que van sucesivamente aumentando hasta que habiendo adquirido un determinado volúmen vuelven á caer por sí mismas al fondo del vaso, y se reunen con el resto de la masa. En el segundo dia se empiezan á ver nadar en la superficie del mercurio pequeñas partecillas rojas que aumentan en número y volúmen durante cuatro ó cinco dias: cuando la calcinacion del mercurio no hace progreso alguno se apaga el fuego, y se dejan enfriar los vasos. El aire que queda despues de esta operacion tanto en el matras como en el cuello,

---

(1) *Un hornillo es un cuerpo cilíndrico hueco, algo ensanchado por el estremo superior. Tiene dos aberturas laterales, una superior que es la puerta del hogar, y otra inferior que es la del cenicero. En el intervalo de estas dos puertas el hornillo está dividido en dos por una reja puesta horizontalmente que forma una especie de diafragma, el que sirve para sostener el carbon. Se llama* hogar *la capacidad que está encima de la rejilla por ser esta parte aquella en que se entretiene el fuego. A la capacidad que está debajo se la da el nombre de* cenicero, *por reunirse en ella las cenizas á medida que se van formando.*

se halla reducido por la calcinacion del mercurio á las cinco sextas partes de su volúmen; no sirve mas para la respiracion, ni para la combustion. Los animales que en él se introducen perecen casi súbitamente, y las velas encendidas se apagan al instante.

Este esperimento prueba lo mismo que el precedente, por medio de la analísis, que el aire atmosférico es compuesto de dos gases débilmente unidos, el uno respirable y que forma cerca del cuarto de su volúmen, y el otro no respirable que forma los tres cuartos. El mercurio calentado se ampara de la base del gas respirable que forma el cuarto del volúmen de aire contenido en el matras; el volúmen del aire disminuye y no queda mas que aquella porcion de aire atmosférico que es impropia para la respiracion y para la combustion. El mercurio ha perdido su brillantez metálica por su combinacion con la basa del gas respirable; vamos ahora á ver como quitándole esta base se le vuelven sus primitivas propiedades con que se probará sintéticamente la composicion del aire atmosférico.

888. *Tercer esperimento.* Tómese la materia roja que se ha formado durante la operacion del esperimento precedente; introdúzcase en una pequeña retorta de vidrio, es decir, en un vaso que tiene la figura de huevo, terminado por un tubo que disminuye insensiblemente de diámetro, y está ligeramente inclinado. Adáptese á la retorta un aparato propio para recibir los productos líquidos y aeriformes que puedan separarse; póngase fuego en el hornillo despues de haber colocado en él la retorta.

A medida que la materia roja se calienta, su color se pone mas subido. Luego despues aproximándose la retorta á la incandecencia la materia roja empieza á perder algo de su volúmen, en pocos minutos desaparece enteramente. Al mismo tiempo se condensa en el pequeño recipiente mercurio en forma líquida, y pasan debajo la campana 158 centimetros cúbicos (cerca 8 pulgadas cúbicas) de un fluido aeriforme que es muy propio para la combustion y para la respiracion. Una vela encendida sumergida en un vaso lleno de este gas esparce una luz muy resplande-

ciente. Un carbon hecho ascua, en lugar de consumirse lentamente, arde con llama y con mucha actividad.

En el esperimento precedente, el mercurio calcinándose se amparó de la base de la parte respirable, y solo dejó en la campana la parte no respirable.

¿Qué es lo que se ha hecho en este último esperimento calentando la materia roja que resultó de la calcinacion del mercurio? Se ha vuelto á la basa de la parte respirable del aire atmosférico, el calórico que habia abandonado para combinarse con el mercurio. Esta base recobrando el calórico, recobró tambien la fluidez aeriforme; con que se ve que se obtiene el mismo fluido respirable que el aire atmosférico habia perdido por la calcinacion del mercurio. El aire atmosférico es por consiguiente compuesto de dos fluidos aeriformes que tienen propiedades del todo opuestas. Puede uno convencerse de esto mezclando los dos fluidos aeriformes, que se han obtenido separadamente, esto es el gas mefítico que ha quedado en la campana despues de la calcinacion del mercurio, y el gas respirable que se obtiene calentando la materia roja que resultó de la calcinacion de aquella sustancia metálica. Si se mezclan estos dos fluidos aeriformes se obtiene un aire en todo semejante al atmosférico, el que es propio en el mismo grado, para la combustion y para la respiracion.

889. 1.° Estos esperimentos no dejan duda alguna sobre la composicion del aire atmosférico; nos ilustran en órden á la relacion de cantidad que existe entre los fluidos aeriformes que son sus elementos. Cuando estan hechos con atencion y exactitud nos hacen ver que la proporcion del gas respirable y de gas mefítico, que entran en la composicion del aire atmosférico, está en razon de 27 á 73 ó á corta diferencia como 1 : 3.

890. 2.° El mercurio no es el único agente que tenga el privilegio de descomponer el aire atmosférico y de calcinarse por la absorcion de la basa del gas respirable. Todos los metales gozan con él de esta singular propiedad, no hay uno solo que no se calcine si hallándose en una temperatura muy elevada, está rodeado de esta parte del aire comun que sirve para la calcinacion. No hay uno

que por la calcinacion no se vuelva mas pesado, de modo que el peso adquirido corresponde al peso perdido por el aire, con toda la precision que pueda cualquiera gloriarse de hallar en operaciones de esta naturaleza. Todos despues de la calcinacion recobran su brillantez y ductilidad quitándoles la base de esta porcion respirable del aire atmosférico, cuya absorcion les habia hecho perder tan bellas propiedades. Estas aserciones en nada equívocas nos manifiestan ya las propiedades químicas del aire atmosférico: para apreciarlas con la mayor exactitud falta estudiar separadamente cada uno de los dos fluidos aeriformes que entren en su composicion.

CAPÍTULO II.

DEL GAS RESPIRABLE QUE FORMA LA CUARTA PARTE DEL AIRE ATMOSFERICO Ó DEL GAS OXÍGENO.

891. El gas respirable que forma la cuarta parte del aire atmosférico, llamado al principio *aire deflogisticado* por *Priestley*, *aire del fuego* por *Scheele*, *aire vital* ó *aire puro* por *Lametherie*, ha recibido de los químicos modernos el nombre de *gas oxigeno*. Se adopta esta última denominacion y se dará la razon de esta preferencia cuando estudiemos la naturaleza de este gas.

892. Puédense emplear varias sustancias para obtener gas oxígeno. El *precipitado per se*, que no es otra cosa que el mercurio quemado con el ausilio del fuego por la absorcion de la base de la parte respirable del aire atmosférico; el *precipitado rojo*, es decir, el mercurio quemado por uno de los principios del ácido nítrico á quien descompone ausiliado del calórico; una sustancia metálica llamada *manganesa*, la que se rocía con un poco de ácido sulfúrico, etc., dan mayor ó menor cantidad de este gas.

893. Las hojas de las plantas espuestas dentro de agua al contacto de los rayos solares exhalan tambien gas oxígeno muy puro. El que se estrae de otras sustancias, si se esceptúa la *manganesa* y el *precipitado per se*, está siempre mezclado con un gas mefítico que altera su pureza. Asi es que para obtener *gas oxígeno* se emplea con preferencia la manganesa.

Primer esperimento. Pónganse en una pequeña redoma 60 ó 70 gramos (2 ó 3 onzas) de manganesa en polvo: échese encima ácido sulfúrico debilitado en suficiente cantidad para formar una masa líquida; se adapta en seguida á la abertura de la redoma un tapon de corcho agujereado y enfilado por un tubo hueco y recorvado, de cuyas estremidades la una termina en la redoma, y la otra debajo de un orificio de la tablilla del aparato neumato-químico. En lugar de la redoma se puede sustituir un frasco de tubo encorvado. Este segundo aparato es mas simple, pero costoso, y en esta especie de operaciones no es fácil evitar el peligro de la rotura. Dispuesto todo asi se espone la mezcla contenida en la redoma ó en el frasco al suave calor de una vela encendida. Hay luego calorificacion, efervescencia y separacion de gas oxígeno, que va á ocupar el lugar del agua contenida en la campana destinada para recibirle.

La manganesa de que se estrae el gas oxígeno no contiene en todo su sér á este fluido aeriforme; hállase solamente combinada con la base de este gas. Ademas esta base, el oxígeno tiene menos atraccion con la sustancia metálica, que este con el ácido sulfúrico: el ácido por consiguiente debe unirse al metal y su calórico al oxígeno, que el metal abandona, fundir este oxígeno, y darle la fluidez aeriforme.

894. El gas oxígeno tiene propiedades físicas y químicas: considerado bajo el primer aspecto es invisible, inodoro, elástico, es pesado, y su gravedad específica es mayor que la del aire atmosférico. La razon de la primera á la segunda es como 765 á 720.

895. El gas oxígeno es muy propio para la combustion.

Segundo esperimento. Tómese un pedazo de alambre de 324 milímetros (1 pie) de longitud, encorvado por abajo para poner un pedazo de cerilla y vuelto hácia arriba sobre sí mismo, para poderle tener con comodidad en la mano; enciéndase esta cerilla y sumérjase en un tubo lleno de gas oxígeno. En el instante de la inmersion la llama de la cerilla se aumenta, y la luz que esparce tiene tanta fuerza y vivacidad, que los ojos sufren con trabajo tanto resplandor. El calor producido es tambien muy activo.

El esperimento se verifica de la misma manera, si se sumerje en un tubo lleno de gas oxígeno un carbon encendido. Los físicos se han dedicado á presentarlo bajo diferentes aspectos, y somos deudores al *Dr. Ingenhouz* de haberse hecho mas agradable y chocante del modo que sigue.

Tercer esperimento. Se toma un pedazo de alambre muy delgado torcido en espiral, se fija una de sus estremidades en un tapon de corcho destinado á tapar la botella; se pone en la otra estremidad de este alambre un pedacito de yesca. En seguida se llena la botella de gas oxígeno, se enciende la yesca, y se introduce, como tambien el alambre, en la botella que se tapa con prontitud. La yesca empieza al instante á quemar con mucho resplandor, comunica la inflamacion al hierro, el que arde tambien despidiendo brillantes chispas que caen al fondo de la botella en globulillos. El hierro asi quemado es mas frágil que el vidrio, se reduce fácilmente á polvo, y guarda aun una poca atraccion para el iman.

Cuando se sumerje una vela encendida ó un cuerpo cualquiera en ignicion, en un tubo lleno de gas oxígeno, se presenta á este fluido aeriforme una sustancia que tiene mayor atraccion con su base, que esta base con el calórico: por lo que debe el oxígeno abandonar el calórico, perder la fluidez aeriforme y unirse al cuerpo en ignicion. El calórico puesto en libertad escapa al instante, y produce el calor y la brillante llama, que se manifiestan en esta especie de esperimentos. No se examinará aqui lo que se hace del cuerpo en ignicion unido al oxígeno, para no anticipar conocimientos que el órden de las cosas pronto llevará consigo.

896. Por ser el gas oxígeno muy propio para la combustion, se puede emplear ventajosamente para dar al fuego un fuerte grado de actividad. He hecho muchas veces esta tentativa, llenando una vejiga de este gas, y dirigiéndole por medio de un pequeño tubo de vidrio sobre carbones hechos ascuas. Cuando se hacen estas esperiencias en grande, se llega al fin á poner en fusion las materias mas refractarias tales como el hierro, la platina,

el cristal de roca, el diamante etc. Los trabajos de *Lavoisier* y de *Achard* justifican esta verdad.

897. El gas oxígeno es mucho mas salubre que el aire atmosférico.

Cuarto esperimento. Tómense dos aves de la misma especie, que tengan poco mas ó menos la misma edad y el mismo vigor. Espóngase la una de estas aves debajo de una campana que contenga dos medidas de gas oxígeno; colóquese la otra al mismo tiempo debajo de otra campana llena de aire comun que tenga la misma capacidad que la primera. La ave colocada en la primera vive cerca de tres cuartos de hora, y cuando se retira el aire es aun bastante puro, al paso que el ave colocada debajo la segunda campana no vive mas que como un cuarto de hora, y despues de este término el aire ha perdido toda su salubridad.

El aire atmosférico solo es propio para la respiracion por razon del oxígeno, que entra en su composicion como una cuarta parte: de que se sigue que el aire respirable contenido en la campana llena de aire comun es al aire respirable encerrado en la campana llena de gas oxígeno, á corta diferencia como 1 es á 3. El ave espuesta debajo la campana llena de gas oxígeno encuentra pues un alimento de la vida tres veces mas considerable que el que se presenta á la ave colocada en la otra llena de aire atmosférico, de que se sigue que la ave espuesta á la campana de gas oxígeno puro, debe vivir un tiempo tres veces mayor, que la otra colocada en la campana llena de aire comun.

898. 1.º El gas oxígeno siendo muy propio para la respiracion, puede ser empleado con ventaja en enfermedades de pecho, ocasionadas por engurgitacion de humores. Se probará esplicando los fenómenos de la respiracion y del calor animal, que el gas oxígeno se descompone en el acto de la respiracion y que el calórico, uno de los elementos de este fluido aeriforme, pasa en grande parte á la sangre que corre en los pulmones y se difunde con ella á todos los órganos; por lo que la sangre por medio de la respiracion de gas oxígeno puro recibirá una mayor cantidad de calórico, que por la respiracion de aire atmosférico; y de con-

siguiente el gas oxígeno respirado en toda su pureza, podrá destruir el gérmen de enfermedades de pecho ocasionadas por engurgitacion de humores, que anuncia siempre la insuficiencia del calórico administrado por el aire comun para darles una fluidez conveniente. Este remedio seria verosimilmente nocivo en las enfermedades inflamatorias. La grande cantidad de calórico que administraria á la sangre el gas oxígeno puro, no serviria mas que para dar á la inflamacion un nuevo grado de actividad.

899. 2.º Es fácil deducir de estos esperimentos que el gas oxígeno por útil que pueda ser como á remedio, no nos convendria en el estado de salud; porque, puesto que un cuerpo en ignicion se consume mucho mas pronto en atmósfera de oxígeno que de aire comun, viviríamos tambien para decirlo asi *demasiado aprisa* en una atmósfera de este gas; pronto se enervarian nuestras fuerzas vitales; y de consiguiente perderíamos en tiempo lo que ganaríamos en vigor y fuerza.

3.º El gas oxígeno, que como se verá despues, es el solo fluido aeriforme propio para la respiracion, no forma mas que la cuarta parte de la atmósfera que rodea nuestro planeta; pero de esto se ha de concluir, que la atmósfera debe pronto perder toda su salubridad. La naturaleza siempre atenta á nuestras necesidades, le ha suministrado los medios de reparar sus pérdidas.

Se probará que los insectos y las plantas, espuestos al contacto de los rayos solares, inspiran el aire mefítico y espiran el gas oxígeno. Se probará que el agua compuesta de las dos bases de los fluidos aeriformes de los que el uno es el gas oxígeno, se descompone en el acto de la vegetacion, y que la atmósfera halla en esta descomposicion el modo de indemnizarse abundantemente de los sacrificios que hace en favor de los animales.

4.º El aire de una sala que encierra un grande número de personas y muchas velas encendidas, debe hacerse despues de algun tiempo impropio para la combustion y para la respiracion. Se remedia este inconveniente proporcionando al aire esterior aberturas por las que pueda entrar en la sala, dé á las bugías encendidas el alimento necesario para la combustion, y proporcione á

las personas encerradas los medios de respirar con facilidad. Débese tomar igual precaucion en las enfermerias: el aire que encierran pronto está viciado, no solo por la absorcion del gas oxígeno, sino tambien por la grande cantidad de vapores mefiticos, á que da continuamente origen la abundante transpiracion de los enfermos. Es menester pues renovar esta atmósfera, para darle el grado de salubridad que le conviene. Para esto, no se deben abrir las ventanas y puertas de la sala del enfermo sin precaucion alguna. Hay circunstancias en que la renovacion del aire debe hacerse con mucho cuidado y reserva, pero no es menos cierto que se debe hacer; y que un grande número de personas han sido víctimas de la funesta y antigua preocupacion, á saber, que es menester constituir al enfermo inaccesible para el aire atmosférico.

900. Falta estudiar la naturaleza del *gas oxigeno*. Para acertar conviene advertir que todo fluido aeriforme está compuesto de una base y del calórico; y que de consiguiente nuestras indagaciones deben dirigirse á conocer la sustancia que sirve de base al gas oxígeno. Todas las materias combustibles podrian servirnos de medio para llegar á este conocimiento; pero emplearemos con preferencia el fósforo que goza eminentemente de la propiedad de quitar al calórico la sustancia que está con él unida para formar el gas oxigeno.

Quinto esperimento. Tómese una campana de cristal A de 6 á 7 litros de capacidad (fig. 105); llénese de gas oxigeno sobre agua; transpórtese despues sobre baño de mercurio por medio de una cápsula de vidrio que se pasará por debajo; séquese la superficie del mercurio con papel de estraza tanto en el interior como en el esterior de la campana, é introdúzcase debajo de este una cápsula D que contenga fósforo; estando todo asi dispuesto elévese el mercurio en la campana hasta la altura EF, sorbiendo con un sifon de vidrio GHI (la misma fig.) que se introduce por debajo de la campana. Para que no se llene pasando al traves del mercurio, tuérzase en su estremo un pedazo de papel, despues con un hierro encorvado é incandecente enciéndase el fósforo. Su combustion es estremamente rápida acompañada de una grande

llama y de mucho calor. En el primer instante de la combustion hay una considerable dilatacion del gas oxígeno ocasionada por el calor; pero luego despues el mercurio vuelve á subir encima de su nivel y hay una grande absorcion. A medida que la combustion se efectúa, el interior de la campana se cubre de copos blancos y ligeros, que no son otra cosa que el ácido fosfórico concretado.

Este esperimento prueba que á un cierto grado de temperatura la basa del gas oxígeno tiene mayor atraccion con el fósforo; de consiguiente que el fósforo descompone el gas oxígeno, que se ampara de su basa, y que entonces el calórico que se ha puesto en estado de libertad marcha y se difunde en los cuerpos ambientes. Si estas aserciones parecen equívocas, párese la atencion en el residuo del gas oxígeno despues de la combustion del fósforo. Cuando el gas oxígeno es puro, el residuo despues de la combustion queda igualmente puro; lo que hace ver claramente que el fósforo no da cosa alguna que pueda alterar la pureza del aire, y que él no obra sino quitando al calórico la basa del gas oxígeno que le estaba unida.

901. Pero para conocer cual es la sustancia que sirve de base al gas oxígeno, examinemos lo que se hace el fósforo por la combustion. Este se ha convertido en una materia blanca en copos muy ligeros, y esta conversion le ha hecho adquirir propiedades del todo nuevas. De insoluble que antes era en el agua, no solo ha pasado á ser soluble, sino que atrae tambien con mucha fuerza al agua contenida en la atmósfera. Antes de la combustion el fósfóro no tenia casi gusto alguno, y por su union con la basa del gas oxígeno toma un gusto estremamente agrio y picante. En fin, de la clase de los combustibles pasa súbitamente á la de los cuerpos incombustibles.

902. La combustion del fósforo sucede tambien en el aire atmosférico, solo con estas dos diferencias, 1.º que la combustion es mucho menos rápida por ser esta retardada por la grande cantidad de gas mefítico que entra como á elemento en la composicion del aire atmosférico; 2.º que solo la quinta parte del aire á lo mas es absorvida, porque haciéndose toda esta absorcion á es-

pensas del gas oxígeno, la proporcion del gas mefítico es tal en el fin de la operacion, que la combustion no puede ya efectuarse.

903. Lo que se ha dicho del fósforo se verifica tambien en el azufre, carbon etc. Estos cuerpos combustibles cuando se queman en atmósfera de oxígeno se convierten en ácidos, y esta transformacion no sucede por otra causa sino porque el cuerpo combustible se ampara de la base del gas oxígeno, con la que en una cierta temperatura tiene mayor atraccion, que esta base con el calórico. Esta base goza pues del privilegio de volver ácidas las sustancias que se le combinan, y esta propiedad justifica hasta un cierto punto el nombre de oxígeno que se le ha dado, y el de gas oxígeno con que se significa la fusion por el calórico.

904. Todas las sustancias combustibles que sin ser ácidas se hallan combinadas con el oxígeno, pasan al estado de álcali ó al de óxide. Tales son las sustancias metálicas que en cierta temperatura toman caracteres alcalinos ó se oxídan, por la absorcion del oxígeno.

905. Todo lo que se acaba de decir nos ilustra á un tiempo sobre la naturaleza del gas oxígeno y la de muchos ácidos. No todos son aun perfectamente conocidos. Puédese no obstante creer que la mayor parte es formada por la combinacion del oxígeno con una base combustible. Esta sustancia es simple en los ácidos minerales, es compuesta en los ácidos vejetales y animales. Estos resultan de la combinacion del oxígeno con una base á lo menos binaria y muchas veces ternaria.

El gas oxígeno hace un papel importante en un grande número de fenómenos notables tales como la combustion, la respiracion, la vejetacion etc.; asi tendremos á menudo ocasion de hablar de este fluido aeriforme y de recorrer con mas estension las propiedades que le distinguen.

CAPÍTULO III.

DEL GAS NITRÓGENO Ó AZOE.

906. El gas nitrógeno llamado *aire flogisticado* por *Priestley*, aire corrompido por *Scheele*, gas azoe por *Lavoisier*, es

aquel fluido aeriforme que mezclado con el gas oxígeno puro en la razon de cerca 3 á 1, constituye el aire atmosférico. *Mr. Davy* ha hecho un grande número de esperimentos para descomponer la base del gas nitrógeno ó azoe. Bien pronto se ofrecerá ocasion de dar á conocer los resultados que obtuvo y las conjeturas á que dieron lugar sobre la naturaleza del nitrógeno.

907. Se conocen muchos medios para obtener el gas nitrógeno. 1.º Se emplea con buen éxito el sulfureto de potasa, es decir la combinacion del azufre con la potasa, que se espone en campanas con una dada cantidad de aire atmosférico. El gas oxígeno es absorvido, y cuando la absorcion es completa, el gas nitrógeno queda puro. Este proceder es debido á *Scheele.*

2.º *Mr. Bertholet* obtuvo gas nitrógeno tratando la carne muscular ó la parte fibrosa de la sangre bien lavada, con el ácido nítrico debilitado en su aparato propio para recoger los gases. Importa notar que las materias animales sean muy frescas, porque si estan alteradas por la fermentacion dan gas ácido mezclado con el gas nitrógeno.

3.º *Fourcroy* observó que las vejigas natatorias de las carpas en las que *Priestley* habia reconocido la existencia del aire estan llenas de gas nitrógeno. Para recogerle basta romper estas vejigas en campanas llenas de agua.

908. Las propiedades físicas del gas nitrógeno son á corta diferencia las mismas que las del aire atmosférico. La gravedad específica es con todo algo diferente. Pesando un igual volúmen de estos dos fluidos aeriformes, se halla que el peso del gas nitrógeno es al del aire comun como 675 es á 720.

909. El gas nitrógeno es impropio para la combustion y para la respiracion. Es fácil convencerse de esto por medio de los procederes ya indicados; á saber, que este fluido aeriforme apaga súbitamente las velas encendidas, y mata con prontitud los animales que en él se sumerjen. Esta propiedad química no seria bastante para distinguirle de las demas sustancias gaseosas, pues que es comun á todos los fluidos aeriformes á escepcion del gas oxígeno y del aire atmosférico; pero el gas nitrógeno tiene pro-

piedades negativas muy acomodadas para dar á conocer su presencia. Todas las sustancias aeriformes mefíticas son ácidas, inflamables ó solubles en el agua, cuando el gas nitrógeno no goza de ninguna de estas propiedades.

910. El gas nitrógeno es muy propio para la vejetacion.

Esperimento. Póngase por ejemplo una planta, un ramito de hierba buena á vejetar debajo de una campana llena de gas nitrógeno; espóngase al mismo tiempo otra planta de la misma especie y semejante á la primera tanto como posible sea debajo de otra campana llena de aire atmosférico. La primera crece con mucha mayor velocidad que la segunda puestas las demas circunstancias iguales. La plantas reciben su nutricion no solo por las raices, sino tambien por las hojas. Por las hojas absorven las sustancias gaseosas propias para alimentarlas. Los gases absorvidos son llevados á todos sus órganos por medio de ciertos vasos llamados *traqueas* para combinarse con otras sustancias, ó para ejercer funciones favorables á la vejetacion. Asi es como el gas nitrógeno favorece el aumento de las plantas. Ningun fluido aeriforme posee como él esta propiedad.

911. 1.° Las sustancias animales y vejetales se descomponen por la putrefaccion. Esta descomposicion da orígen á la separacion de una grande cantidad de gas nitrógeno. Este fluido aeriforme da á las plantas que vejetan mayor fuerza y vigor: de que resulta que las sustancias animales y vejetales en putrefaccion deben favorecer la vejetacion. Esta es la razon por que los agricultores esparcen estiercol con profusion sobre las tierras áridas que quieren fertilizar.

2.° Los animales transpiran el gas nitrógeno y absorven la parte oxigenada del aire atmosférico; las plantas al contrario, exhalan el gas oxígeno y absorven el gas nitrógeno. Esta oposicion de efectos es la que sostiene en la atmósfera la pureza que le conviene: de que resulta que la vejetacion es uno de los medios mas propios que la naturaleza emplea para purificar la atmósfera.

3.° De la propiedad que tienen las plantas que vejetan de absorver el gas nitrógeno y exhalar el gas oxígeno, algunos físicos

han deducido que se las podia emplear con ventaja, para volver al aire contenido en cuartos cerrados el grado de pureza que le conviene, y que debe perder de necesidad por no tener libre comunicacion con el aire esterior; pero los esperimentos de *Ingenhouz* y de *Senebier* no nos permiten creer en la eficacia de este medio. Resulta de los trabajos de estos célebres físicos, que las hojas de las plantas espuestas á los rayos del sol vuelven á la atmósfera el fluido vivificante que continuamente destruyen la combustion y la respiracion; que la oscuridad muda enteramente esta benéfica propiedad de las hojas, que no dan mas que gas mefítico cuando estan privadas del contacto de la luz. Los vejetales no pueden pues servir para purificar la atmósfera de los cuartos y salas muy cerrados. Los que han llegado á su último grado de aumento no dejarian de ser nocivos por la produccion del gas mefítico á que da orígen la fermentacion.

4.° Algunos insectos gozan como las plantas del privilegio de absorver el gas nitrógeno: las moscas, las mariposas etc. viven perfectamente bien en las sustancias gaseosas que resultan de la putrefaccion de sustancias animales y vejetales. *Priestley* ha repetido á menudo con suceso estos esperimentos; algunas veces se vió obligado á retirar las plantas sumerjidas en el gas nitrógeno para librarlas de los enjambres de pulgones de que se cubrian, y algunos de ellos se ocultaban aun tan bien y se multiplicaban tan rápidamente que con dificultad podia conservar las plantas que no los tenian.

912. Esta propiedad de absorver el gas nitrógeno no es el solo punto de analogía, que los insectos y los vejetales ofrecen á la vista del físico. 1.° Sus órganos respiratorios son tambien semejantes, estos estan esparcidos sobre todo el cuerpo del vejetal y del animal. 2.° La planta y el insecto transpiran uno y otro gas oxígeno. *Fontana* halló en aguas estancadas muchos insectos que espuestos al sol daban gas oxígeno. 3.° Los insectos dan tambien en su analísis productos semejantes á los de las plantas, tales como resinas, aceites volátiles etc.

El gas nitrógeno desamparado del calórico es la base del ácido

nítrico, del ácido nitroso y del amoníaco. Las pruebas que establecen estas verdades ocuparán en esta obra un lugar señalado por la ley que me he impuesto de no proceder, mientras sea posible, sino de lo conocido á lo incógnito.

Del gas nitrógeno fosforado.

Llámase asi el gas *nitrógeno* que tiene fósforo en disolucion.

913. Si se pone fósforo en una campana llena de gas nitrógeno, el fósforo se disuelve con facilidad, se resuelve en vapor, satura el gas nitrógeno sin arder y sin difundir la menor claridad; pero si se mezcla el gas nitrógeno fosforado con gas oxigeno, aunque sea en muy baja temperatura, hay combustion lenta, separacion de calórico y produccion de luz: de aqui depende que aqui se añade gas oxigeno al residuo del aire atmosférico descompuesto por el fósforo, cualquiera que sea el método con que se haya hecho la analisis, la mezcla de estos dos gases difunde una luz muy sensible; asi el fósforo no puede quemar lentamente y pasar al estado de ácido fosforoso en el gas oxigeno sino despues de haber sido disuelto en otro gas, ó bien estando el gas oxigeno mezclado con otro fluido elástico que pueda al instante disolver el fósforo. Si se pone fósforo en el aire atmosférico empieza á disolverse en el gas nitrógeno, y no se combina con el oxigeno sino despues de esta disolucion.

Del gas nitrógeno sulfurado.

Se ha dado este nombre al *gas nitrógeno* que tiene azufre en disolucion.

914. Para obtener este fluido elástico basta calentar azufre en un vaso lleno de gas nitrógeno.

915. El gas nitrógeno sulfurado es fétido; depone parte del azufre que contiene por una simple disminucion de temperatura. Goza ademas de todas las propiedades físicas que distinguen los fluidos elásticos.

LIBRO SÉPTIMO.

DEL AGUA.

916. El agua es un fluido transparente sin color, sin olor, sumamente móvil y susceptible de hallarse en diferentes estados de agregacion. Se presenta unas veces bajo la forma de un sólido, comunmente bajo la de un líquido, y en ciertas circunstancias toma la forma gaseosa. Para conocer bien el agua es menester considerarla en estos diferentes estados, y estudiar despues su naturaleza.

PARTE PRIMERA.

DEL AGUA CONSIDERADA EN SUS DIFERENTES ESTADOS DE AGREGACION.

CAPÍTULO PRIMERO.

DEL AGUA EN EL ESTADO SÓLIDO Ó DEL HIELO.

917. El hielo no es otra cosa que agua que ha dejado el estado de liquidez, para pasar al de solidez. La operacion de la naturaleza por la que el agua sufre esta especie de metamorfósis es conocida con el nombre de *congelacion*.

918. La congelacion ha sido por largo tiempo un misterio inaccesible á la sagacidad de los físicos. *Gassendi*, *La-Hire* y muchos otros sabios imaginaron la existencia de unos átomos frigorí-

ficos, que se insinuaban al traves de los poros de un líquido y alteraban por grados el movimiento de las moléculas, hasta tanto que se fijasen formando un cuerpo sólido.

Muskembroek sostiene contra estos últimos, que el frio consiste en la privacion del calórico; pero admitiendo entre el frio y la congelacion una diferencia sensible, imaginó una materia suspendida en el aire, que penetrando las moléculas del agua, fija su movilidad respectiva y determina el tránsito á la solidez. El hielo es considerable si esta materia se halla con abundancia en la atmósfera. El hielo es poco ó nada, aunque el frio sea riguroso, cuando el aire ambiente no contiene sino poco ó nada de esta sustancia.

Pero dejemos ya estas hipóteses, que la física con justicia ha condenado al olvido, desde el momento que la observacion y la esperiencia se han hermanado para convencernos de su falsedad.

919. El agua pasando del estado líquido al de sólido, pierde una parte del calórico que le es propio.

Esperimento. Sumérjanse dos termómetros, el uno en el agua que se hiela, y el otro en una atmósfera bastante fria para hacer helar el agua. La esperiencia manifiesta que el primero señala algunos grados sobre cero, mientras que el segundo permanece constantemente á cero ó bajo de cero: de lo que resulta que una parte del calórico combinado con el agua líquida, la abandona en su paso de este estado al de sólido, y de consiguiente que el agua sólida ó el hielo no es otra cosa que el agua líquida, menos una dada cantidad de calórico.

Cuando el hielo pasa al estado de líquido, se produce frio en el aire que le rodea, lo que proviene sin duda, de que el agua no puede pasar del estado sólido al líquido, sin recobrar la misma cantidad de calórico que habia perdido en su tránsito al estado de solidez, y que nadie lo puede suministrar sino la atmósfera que la rodea.

920. El contacto del aire favorece mucho la formacion del hielo; porque si se cierra exactamente el orificio de un vaso que se ha llenado de agua se hiela muy lentamente, aunque esté

espuesta á un grado de frio mas que suficiente para la congelacion.

En el mismo grado de frio la congelacion es rápida desde el momento que el agua es accesible al aire esterior.

Este fenómeno es parecido al de la cristalizacion de las sales, al que siempre acelera la presencia del aire.

921. Un ligero movimiento acelera la formacion del hielo. La esperiencia atestigua esta verdad; y como se observe lo mismo en la cristalizacion de las sales, estos dos fenómenos ofrecen varios puntos de analogía que nos conducen á concluir que la congelacion es una verdadera cristalizacion. Las observaciones del célebre *Mairan* confirman esta conclusion. Este físico dice que cuando la congelacion no es muy acelerada, el hielo se presenta bajo la forma de agujas que adhieren entre sí, formando un ángulo de 60 ó 120 grados.

922. El hielo sobrenada en el agua: de que resulta que debe tener mas volúmen, y de consiguiente menor gravedad específica de la que tenia antes de la congelacion del agua que sirvió para formar el hielo. Este aumento de volúmen del agua en su paso del estado líquido al de solidez produce efectos que de repente deben haber sorprendido.

Un cañon de hierro lleno de agua y bien cerrado, espuesto por *Huyghens* á una fuerte helada se rompió por dos puntos en doce horas.

Los académicos de Florencia han roto por el mismo medio muchos vasos metálicos de figura esférica. Por lo que no nos debe sorprender que la misma causa subleve el pavimento de las calles; que rompa las cañerías de las fuentes, cuando no se tiene la precaucion de tenerlas vacías; que hienda las piedras, y que destruya el tejido de los vejetales.

923. ¿Pero cómo se podrá esplicar el aumento de volúmen del agua que pasa del estado líquido al de solidez con la aproximacion real de sus partecillas que necesariamente sigue á la marcha de calórico?

Para esplicar este fenómeno conviene observar, 1.° que el agua contiene mas ó menos aire, á no ser que antes se la haya purga-

do por procederes químicos; 2.º que el aire contenido en el agua se halla en un estado de disolucion por este líquido, quien le ha dado su forma y su densidad, como lo confirman la teoría de las disoluciones y los esperimentos de *Mariotte*, de los que resulta que una muy pequeña masa de agua contiene aire, que vuelto á su estado de libertad, tiene mucho mayor volúmen que la masa de agua que le tenia en disolucion; 3.º que en el acto de la congelacion, el agua abandona al aire que tenia en disolucion, el que toma otra vez el estado elástico que habia perdido por la disolucion.

Síguese de aqui que el aire disuelto en el agua tenia una densidad á poca diferencia igual á la del líquido, es decir, cerca ochocientas veces mayor que su densidad ordinaria: por lo que volviendo á su estado elástico ocupa un espacio cerca de ochocientas veces mayor que antes. Con este motivo aparta las diferentes capas de agua á medida que pasan al estado sólido, y aumentan asi el volúmen total de la masa en que está encerrado.

Pero independientemente del aire disuelto en el agua, este líquido puede adquirir mayor volúmen pasando al estado sólido aunque sus moléculas se aproximen realmente; porque la congelacion se efectúa en virtud de una fuerza de cristalizacion, que puede hacer que se formen entre los diferentes cristales espacios vacíos, cuya suma haga mas que compensar la aproximacion que esperimentan las moléculas por la marcha del calórico; de que debe resultar necesariamente un aumento de volúmen. Muchas esperiencias que he practicado con cuidado corroboran esta conclusion. Varias veces me ha sucedido esponer debajo la campana neumática á la accion de la helada, redomas bien llenas de agua púrgadas de aire, y la rotura de las redomas ha justificado siempre un aumento sensible de volúmen.

924. El hielo tiene sabor, refringe fuertemente al lumínico, y es muy sensiblemente elástico. Si se deja caer sobre un plano una esfera de hielo refleja, y esta reflexion no puede depender de otra causa que de la elasticidad.

925. El hielo adquiere algunas veces una dureza tal que resis-

te á los violentos esfuerzos que se hagan para destruir su agregacion. Ved aqui lo que dice *Mairan* acerca de este objeto en su bella disertacion sobre el hielo.

„Durante el invierno de 1740, se construyó en Petersburgo, segun las reglas de la mas elegante arquitectura, un palacio de hielo de 17 metros 48 milimetros (52½ pies) de longitud, sobre 5 metros 358 milimetros (16½ pies) de ancho, y 6 metros 495 milimetros (20 pies) de altura, sin que el peso de las partes superiores y del techo, que era tambien de hielo hayan parecido dañar en nada el pie del edificio. El Neva, rio vecino en que el hielo tenia cerca de tres cuartos de metro (2 á 3 pies) de espesor, habia suministrado los materiales. Para aumentar las maravillas, se colocaron delante del edificio seis cañones de hielo con sus afustes de la misma materia, y dos morteros con las mismas proporciones que los de fundicion. Estas piezas eran de calibre igual á las que cargan 1 kilograma y medio (3 libras de pólvora); se cargaron con un cuarteron (122 gramos), y se dispararon; la bala de una de estas piezas atravesó á sesenta pasos una tabla de 54 milimetros (2 pulgadas) de espesor. El cañon, cuyo espesor era á lo menos de 108 milimetros (4 pulgadas), no reventó en la esplosion.

CAPÍTULO II.

DEL AGUA EN ESTADO DE LIQUIDEZ.

Si se sujeta hielo á la accion del calórico, este le penetra, separa sus partecillas y se hace pasar al estado líquido. Esta transformacion hace perder al agua algunas propiedades, y le da otras nuevas.

926. En el estado liquido el agua no es sensiblemente compresible, es decir, que resiste obstinadamente á los medios que empleamos para efectuar su compresion; por lo que no debe sorprendernos que no dé señales sensibles de elasticidad, las que suponen siempre una compresion efectuada. La compresibilidad y elasticidad del agua no dejan por esto de ser reales; 1.° porque

propaga el sonido, propiedad que pertenece esclusivamente á medios elásticos; 2.° si á imitacion de los académicos de Florencia, se sujetan á la accion de una prensa esferas metálicas llenas de agua, la esperiencia hace ver que el agua no trasuda hasta despues que las esferas hayan sido retiradas de la prensa: de que se ve que el agua ha sido encerrada en un menor espacio durante la compresion y desde el momento que esta acabó, el agua tendiendo en fuerza de su elasticidad, á restablecerse en sus primeros límites, se ha franqueado un camino al traves de los poros del metal.

927. El agua líquida contiene aire cuya cantidad no debe ser medida por el número de burbujas que se eleva á la superficie del agua, cuando se encierra un vaso lleno de este líquido en un recipiente que se purga de aire.

Esperimento. Se coloca debajo del recipiente de la máquina neumática un vaso lleno de agua, se estrae el aire y al instante se eleva un sin número de burbujas á la superficie de este líquido; se toma el vaso lleno de agua purgada de aire, se sumerje enteramente en una masa de agua, y se agita con bastante viveza á fin de que se llene de nueva agua. Se pone en seguida el vaso lleno de nueva agua debajo el recipiente, se estrae el aire y no se percibe en la superficie del líquido mas que un pequeño número de burbujas; de que se sigue que si en el primer caso se ha visto elevar sobre la superficie del agua un grande número de burbujas, procedian menos del agua, que de la parte interior de las paredes del vaso á las que estaban adheridas en virtud de la atraccion.

La cantidad de aire que el agua absorve, y que tiene en disolucion está estimada en cerca de $\frac{1}{50}$ de su volúmen.

928. Cuando el agua ha perdido en el vacío el aire que contenia, sus capas superiores se transforman en vapores, y si estos se hallan en contacto con cuerpos que se amparen de ellos con mucha actividad, el agua se hiela casi súbitamente. *Mr. Leslie* se ha valido felizmente de este método para congelar el agua. Se sirve á este fin del ácido sulfúrico muy concentrado que pone debajo el recipiente de la máquina neumática en un pequeño vaso

de vidrio, sobre el que se pone otro lleno de agua encima de un trespies. Estrayendo el aire el agua empieza á hervir y en algunos minutos toma el estado sólido.

929. El agua y el aire ejercen el uno contra el otro una accion recíproca, pero desigual, en virtud de la que el agua disuelve aire, y el aire disuelve agua en mayor proporcion; de modo que si se deja aire muy seco sobre agua purgada, uno y otro satisfarán su atraccion recíproca, y se harán dos saturaciones; tres decimetros cubos de este aire (cerca un pie cúbico) darán de 500 á 600 miligramos (10 á 12 granos) de agua. La química ofrece muchos ejemplos de cuerpos que se reparten asi en razon de sus atracciones.

Es propio de un disolvente dar á la sustancia disuelta su forma y densidad con corta diferencia: de que se sigue que disolviéndose el agua en el aire pierde su liquidez para adquirir la fluidez aeriforme, y que el aire disolviéndose en el agua pierde su estado elástico para tomar el de liquidez.

La disolucion del agua en el aire constituye la evaporacion, la que no debe confundirse con la vaporizacion que resulta esclusivamente de la combinacion del agua con el calórico; sin embargo que el agua para disolverse en el aire absorve una cierta cantidad de calórico que la hace pasar al estado de fluido elástico: el enfriamiento que acompaña siempre á la evaporacion confirma esta verdad. La union del agua con el calórico para pasar al estado gaseoso es determinada por la atraccion del aire. El agua adquiere entonces probablemente mayor capacidad disolvente para el calórico: su atraccion para este fluido se hace mayor que la de los cuerpos ambientes que lo ceden. Estos efectos en algun modo simultáneos, y la atraccion del aire es la que les da orígen: de esto sin duda depende, que el aire despues de esta disolucion es mas ligero que cuando seco, lo que manifiesta que el agua disolviéndose se ha enrarecido de manera que su gravedad especifica es menor que la del mismo aire. Esta propiedad del agua, que se ve justificada por numerosos y exactos esperimentos de *Sausure*, presenta una esplicacion la mas satisfactoria del des-

censo del mercurio en el barómetro cuando el aire se satura de humedad.

930. El aire disuelve tanta mayor cantidad de agua, cuanto mas elevada es su temperatura. *Leroi* habia hecho ver mucho tiempo hace que una botella bien cerrada espuesta durante el dia á una temperatura de veinte grados, depone en sus paredes, durante la noche, en forma de gotitas parte del agua contenida en el aire que llena la botella. Esta especie de rocío se hace mas abundante cuanto mas baja es la temperatura; pero el agua que se ha precipitado desaparece desde el momento que el aire hecho mas seco por un aumento de temperatura recobra la facultad de disolverla.

931. El aire disuelve mayor cantidad de agua á proporcion que es mas comprimido; porque por medio de una fuerte compresion el aire se satura de mayor cantidad de agua. La máquina neumática confirma esta asercion por la niebla húmeda de que se cubre en los primeros golpes de émbolo.

932. La facultad disolvente del aire es pues en razon de su temperatura y de la presion que esperimenta, y como la temperatura y la presion de la atmósfera varian mucho y con frecuencia, resulta que el aire tan pronto es mas, tan pronto menos ansioso de agua, de modo que la eleva ó la deja precipitar segun las circunstancias: de esto dependen la lluvia ordinaria, el rocío, la nieve, y en general todos los metéoros acuosos de que la atmósfera es el teatro. Véase para esplicaciones mas circunstanciadas el último libro de esta obra el cual está destinado á la esplicacion de los metéoros.

933. La precipitacion del agua tenue en disolucion en el aire no parece suficiente para la produccion de esta cantidad de lluvia que inunda la superficie de la tierra. Las nubes son el producto de las nieblas, y estas reconocen por causa una combinacion con esceso de agua que se ha formado en circunstancias favorables en el punto de contacto de las aguas y del aire atmosférico, la que puede reunirse en este estado por los vientos que soplan de los mares y de los lugares húmedos. Esta combinacion de aire con

esceso de agua podrá existir en cierta cantidad en una capa de aire sin tomar la apariencia de nube sensible; pero la compresion del aire hecho menos transparente le dará la forma vesicular.

Añádese á esto que la lluvia de tempestad tiene probablemente por causa la combinacion del gas oxígeno con el hidrógeno que inflama la chispa eléctrica en las altas regiones de la atmósfera. Se espondrán despues los motivos que parecen apoyar esta opinion.

934. El agua se calienta con bastante prontitud. Hay no obstante motivos para creer que seria un mal conductor del calórico, si sus moléculas no tuvieran la facultad de moverse entre sí con la mayor facilidad. *Crawford* probó el derritir un pedazo de hielo en el fondo de un vaso lleno de agua, y tardó mucho mas tiempo en licuarse, que en la superficie. Esto depende de que las moléculas que tocan la superficie del vaso que se calienta luego que estan unidas con una porcion de calórico, se hacen específicamente menos graves, marchan á la parte superior, y son reemplazadas por las mas frias que son las mas pesadas; de que resultan dos corrientes continuas de moléculas, la una ascendiente y la otra descendiente.

935. El fenómeno de la ebulicion reconoce por causa el paso del agua del estado de liquidez al de vapor. Si se sujeta un vaso de agua á la accion de un fuerte calor no todas las moléculas se calientan con igual prontitud, y las primeras que toman la forma de un fluido elástico no pudiendo disolverse en el agua líquida son llevadas por su ligereza especifica unida á la accion del calor á la parte superior del líquido, rebientan en la superficie y se esparcen por el aire ambiente que tiene facultad para disolverlas.

936. La ebulicion sucede tanto mas pronto cuanto menor es la presion atmosférica, y reciprocamente, porque la columna de aire que descansa sobre el agua ejerce una presion que se opone al enrarecimiento, que de otra parte procura la accion del calórico: de modo que las moléculas del agua no se separan para pasar al estado de vapor sino en virtud de la diferencia de estas fuerzas;

diferencia que es tanto mayor en igualdad de circunstancias, cuanto menor es la presion atmosférica.

937. Los rayos luminosos no producen en el agua alteracion alguna sensible, al paso que este liquido les hace esperimentar una rarefaccion superior á la razon de su densidad. *Newton* dedujo de esta propiedad que el agua contiene algun principio combustible; y en estos últimos tiempos las mas severas analisis y síntesis han confirmado la exactitud de esta deduccion.

938. El agua liquida tiene mayor tendencia á la combinacion que la sólida, por ser menor la agregacion. Encuéntrase por todas partes; no hay sustancia natural ni artificial que no contenga poca ó mucha; ella es el medio necesario para toda cristalizacion.

939. El agua jamas se encuentra pura, siempre tiene en disolucion diferentes sustancias que alteran su homogeneidad. 1.° Una poca de arena, lo que da lugar á las cristalizaciones de cuarzo de que la naturaleza nos ofrece tantos ejemplos; 2.° sustancias calcáreas en diferentes estados, las que producen las staláctìcas que se hallan en las cavidades subterráneas como en las grutas de Arcy en Borgoña, en las cavidades del observatorio etc.; 3.° azufre; 4.° metales, etc. etc.

940. Cuando el agua contiene sales terreas no cuece las legumbres, ni disuelve el jabon. El primero de estos fenómenos depende de que por la ebulicion se forma al rededor de las legumbres una costra que impide que el agua las penetre para la coccion. Asi es que las legumbres verdes ó húmedas se cuecen bien en esta especie de aguas, porque en este caso lo hacen á espensas de su agua de vejetacion, ó de aquella de que estaban embebidas. Con relacion al jabon se hace una doble combinacion de que resultan un jabon calcáreo insoluble, y una sal formada por el ácido que la cal abandona, y por la sosa del jabon empleado.

941. En los usos domésticos se juzga de la bondad de una agua, 1.° por su sabor; 2.° por su facilidad á hervir; 3.° por medio del jabon; cual indica si en ella se hallan ó no sales calcáreas.

Estas circunstancias no son mas que indicios vagos que no sa-

tisfacen completamente al físico. Este cuando quiere fijar las sustancias contenidas en el agua y sus proporciones, recoge los gases en el aparato de mercurio, y las sustancias sólidas por la completa evaporacion. Si no quiere mas que indicaciones emplea los reactivos. El nitrate de plata manifiesta la presencia del ácido muriático; el muriate de barite la del ácido sulfúrico; el ácido oxálico la de la cal; el amoniaco la de la magnesia; el agua de cal la del ácido carbónico; el sulfate de hierro la del aire comun; el ácido nitroso concentrado la del gas hidrógeno sulfurado; el nitrate de plata la del azufre, etc. etc. Por semejantes procederes se ha conocido que el agua de rios es mas pura, y la de pozos la mas impura.

942. Si se calienta agua en vasos cerrados y en aparato conveniente para recoger los vapores, estos condensados por el enfriamiento dan el agua destilada. Este es el solo medio de purificarla y de separarle las sustancias salinas que la filtracion no puede quitarle. El agua destilada es de un sabor soso; pone pesado el estómago; agitándola en contacto con el aire adquiere un sabor vivo, y entonces se puede beber sin perjuicio. La destilacion no altera el agua. *Boerhaave* la destiló quinientas veces seguidas, sin haberle esperimentado la mas ligera alteracion.

Del higrómetro.

943. Si se sumerjen en agua muchos cuerpos heterogéneos, todos se embeben de este fluido; pero esta embibicion tiene un término, que es el punto en que hay equilibrio entre las atracciones, es decir, cuando la fuerza de los que atraen al principio con mayor fuerza el agua, la que disminuye á medida que se aproximan á su término de saturacion, se halla igual á la de los que obran con menos fuerza sobre este fluido; de modo que si se ponen en contacto dos cuerpos humedecidos cuyas atracciones para el agua no esten en equilibrio, el que tenga menor atraccion cederá parte de su fluido al otro, hasta tanto que se establezca el equilibrio. En esta disposicion de mojar un cuerpo á otro con quien esté en contacto, consiste lo que se llama humedad.

944. De todos los cuerpos el aire es aquel cuyos diferentes grados de humedad importa mas conocer, de aqui se ha originado la invencion del higrómetro. Se han imaginado tantas especies de higrómetros cuantos cuerpos se han presentado sobre los que la humedad produjera diferentes grados de dilatacion y condensacion; pero como la mayor parte de estos higrómetros no sean comparables, no resulta de ellos ventaja alguna real para la ciencia.

945. El higrómetro de *Sausure* parece haber llenado el voto y fijado la eleccion de los físicos. Este se funda en la propiedad que tienen los cabellos de prolongarse por la humedad y acortarse por la sequedad. El modo que sigue es el mas simple para su construccion.

Se toma un cabello preparado convenientemente, se ata uno de sus estremos en un punto fijo, y el otro en la circunferencia de un pequeño cilindro móvil, que lleva en una de sus estremidades una ligera aguja. El cabello está tirante por un contrapeso de 159 miligramos (3 granos), suspendido de una seda muy delgada la que está plegada en sentido contrario al rededor del mismo cilindro. A medida que el cabello se prolonga ó se acorta hace dar vueltas al cilindro en uno ú otro sentido, y de consiguiente á la pequeña aguja cuyos movimientos se miden en la circunferencia de un círculo graduado al rededor del que hace la aguja su revolucion. De este modo las mas pequeñas variaciones en la longitud del cabello se hacen sensibles por razon del movimiento mucho mas considerable que produce en la estremidad de la aguja, y se ve fácilmente que para grados iguales de prolongacion ó acortamiento en el cabello corresponden arcos iguales corridos por la aguja.

946. Para hacer comparables todos los higrómetros construidos de este modo fue preciso poner dos términos fijos en la escala. *Sausure* tomó el uno en la estrema humedad, y el otro en el de la sequedad; determinó el primero colocando el higrómetro debajo un recipiente de vidrio, habiendo antes mojado bien toda la superficie interior. El aire, saturándose de esta agua, obra con su humedad sobre el cabello prolongándole, se humedece de nue-

vo y varias veces la parte interior del recipiente, y cuando despues de haber estado el cabello mucho tiempo debajo del recipiente cesa de prolongarse, se viene en conocimiento de que ha llegado ya el término de la mayor humedad.

Para determinar el término de la estrema sequedad se encierra el higrómetro debajo un recipiente caliente y seco en que hay una plancha de hierro igualmente caliente, y cubierta de potasa cáustica. Este álcali ejerciendo su facultad absorvente sobre la humedad que queda en el aire contenido, obliga al cabello á acortarse hasta tanto que llegue al último término de su contraccion. Una vez determinados los dos estremos fijos de la escala, se divide esta en cien grados.

947. Los efectos del calor sobre el cabello modifican los de la humedad y sequedad, porque si el aire que rodea al higrómetro le calienta, su facultad disolvente para el agua se aumenta; por lo que quita al cabello una porcion del agua de que está embebido, y con motivo de esta substraccion, el cabello se acorta: de otra parte el calor penetra al cabello, y obra para prolongarle, aunque con mucha menor fuerza; de que se sigue que el efecto total es el producto de dos efectos parciales y contrarios. En las observaciones delicadas importa pues consultar á un tiempo el termómetro y el higrómetro, á fin de poder separar el efecto principal ó el grado de la humedad del aire, del efecto causado por el calor.

948. Débese á *Deluc* un higrómetro que no se diferencia del de *Sausure*, sino en que aquel ha sustituido al cabello una hebrilla de ballena, la que tiene como el cabello la propiedad de prolongarse por la humedad, y acortarse por la sequedad.

949. Conviene notar, 1.° que el higrómetro jamas indica la humedad absoluta del aire y si solamente la razon que hay entre tal cantidad de humedad y tal grado de dilatacion del cabello; 2.° que el higrómetro no indica el agua disuelta en el aire, sino que solamente señala el agua que se disuelve, y el agua que se precipita en el momento en que se efectuan la disolucion y la precipitacion, porque durante los ardores del verano cuando el

cielo se halla sin nubes, el higrómetro no seũala humedad alguna, al paso que en la atmósfera hay una grande cantidad de agua disuelta, de que cualquiera puede fácilmente convencerse. Tomando de este aire caliente y seco, y sumerjiéndole en hielo, su inmersion produce luego una precipitacion de gotitas de agua en cuyo tiempo es cuando el higrómetro anuncia su presencia.

950. La química presenta sustancias que por la estrema afinidad con el agua podrian servir de higrómetros, aun con la diferencia ventajosa que estas darian resultados ponderables; pero ademas del embarazo y casi imposibilidad de hacer con estas sustancias instrumentos comparables, jamas estaríamos seguros, 1.° de haber empleado sustancias perfectamente puras, 2.° de haber despojado enteramente de agua la masa de aire aproximada. Estas consideraciones justifican la preferencia que se ha dado al higrómetro de *Sausure*; sobre todo si se toma fabricado en Génova, porque los cabellos sufren una preparacion que debe ser uniforme.

De la evaporacion.

951. Cuando una masa de agua está espuesta al influjo del aire atmosférico, disminuye de volúmen, y las moléculas que la abandonan se elevan al seno de la atmósfera.

Este es el fenómeno conocido bajo el nombre de *evaporacion*. Su existencia jamas ha sido contrariada; pero los físicos no estan aun acordes sobre la causa que la produce.

Algunos con *Deluc* pretenden que en el acto de la evaporacion el calórico que abandona los cuerpos inmediatos da á las moléculas acuosas la fluidez aeriforme y una ligereza que determina su ascenso á las regiones elevadas de la atmósfera. En esta hipótesis el calórico es el solo agente y el aire no tiene influjo alguno en la produccion del fenómeno.

Muskembroek reconoce la facultad disolvente del aire sin atribuirle esclusivamente la razon del fenómeno. Segun él, se combinan muchas causas en su produccion, y el calórico es la que tiene mayor influjo. (Véanse *los ensayos de física*, primer volúmen pág. 442. Leyde 1739).

Los esperimentos de *Leroi* que se han descrito (núm. 930), no dejan duda alguna sobre la verdadera causa de la evaporacion. Este fenómeno es debido á la atraccion que ejerce el aire sobre las moléculas acuosas, que estan en contacto con él; y si el calórico abandona los cuerpos inmediatos en el acto de la produccion del fenómeno, es muy probable que la atraccion del aire determina este abandono, dando á las moléculas acuosas mayor capacidad para contener á este fluido cuya presencia favorece su paso al estado elástico.

952. Para confirmar el principio de que se trata, basta notar, 1.º que la presencia del aire es necesaria en la evaporacion; 2.º que las moléculas situadas en la superficie del agua son las solas sujetas á la evaporacion: de aqui viene sin duda que, en igualdad de circunstancias, la evaporacion es tanto mas abundante cuanta mayor es la superficie que el agua presenta al aire: 3.º que la nieve y el hielo son susceptibles de evaporacion, como lo atestiguan los esperimentos varias veces repetidos por *Sausure* y *Muskembroek*, (véanse *los ensayos de física de Muskembroek*, primer volúmen pág. 442); 4.º que muchos fenómenos atmosféricos se esplican bajo este principio con la mayor facilidad.

953. Ofrécese aqui la cuestion de saber, si el agua disuelta por el aire ejerce alguna influencia sobre el estado de este fluido. *Sausure* ha sido el primero que ha conocido que su presencia aumenta la elasticidad del aire que la tiene en disolucion, y aun ha llegado á valuar este aumento por el siguiente esperimento (*ensayo sobre la higrometría*, núm. 108). *Sausure* introdujo repetidas veces un lienzo mojado en una masa de aire determinada y tan seca como le fue posible, y observó que una columna de mercurio sujeta á la presion de este aire subia gradualmente á medida que disolvia agua. En una temperatura de 15 grados del termómetro de *Reaumur*, la cantidad de vapor capaz de saturar el aire aumentó la elasticidad de este fluido, de modo que en lugar de una presion de 27 pulgadas con la que antes se equilibraba, sostenia una de 27 pulgadas y 6 líneas.

Sausure deduce de este esperimento las siguientes consecuencias:

1.° El agua disuelta por una masa de aire aumenta la elasticidad de este fluido.

2.° El agua disuelta por una masa de aire es un fluido elástico capaz de sostener solo una presion igual al aumento de elasticidad que comunica al aire.

3.° Una masa de aire saturada de agua en vapor á 15 grados necesita de una presion de 27 pulgadas 6 líneas para continuar á estar encerrada en el espacio que ocupaba antes bajo una presion de 27 pulgadas; y de consiguiente si esta masa de aire no está sujeta mas que á esta última presion, las moléculas del vapor ejercerán en virtud de su fuerza elástica una fuerza repulsiva sobre las moléculas del aire, al mismo tiempo que en virtud de su fuerza atractiva, el aire tendrá al vapor acuoso en disolucion, y el volúmen de la masa se hallará aumentado de $\frac{1}{5}$; pero como, segun *Sausure*, la densidad del vapor es á la del aire á corta diferencia como 10 á 14, el volúmen aumentará en mayor razon que la masa: de que se sigue que la gravedad específica del aire disminuye á medida que tiene una mayor cantidad de agua en disolucion.

954. *M. Dalton* se ha ocupado en determinar las dilataciones que un gas esperimenta, ó lo que es lo mismo, cuanto se aumenta su elasticidad en una dada temperatura por su union con un vapor cuya elasticidad en la misma temperatura sea conocida. En las esperiencias que ha hecho para resolver este interesante problema ha empleado un tubo de vidrio recto y cilíndrico, cerrado herméticamente por uno de sus estremos, de $\frac{1}{4}$ de pulgada de diámetro interior y dividido en partes iguales. Se introducia en el fondo del tubo una ó dos gotas de líquido que se debia sujetar á la esperiencia, y despues de haber bien secado el tubo por su parte interior se dejaba entrar el aire comun ó tal otro gas, y se encerraba por una columna de mercurio de longitud desde $\frac{1}{10}$ de pulgada hasta 30 pulgadas segun las circunstancias. Se sumergia despues la estremidad cerrada del tubo en agua de una dada temperatura y se observaba por el movimiento del mercurio la espansion del gas y del vapor unido al mismo gas.

La fórmula que sigue es la que espresa la dilatacion combinada en el caso de mezcla de vapor y de gas, tal cual resulta de todos los esperimentos que *Dalton* ha hecho entre las temperaturas del hielo que se licúa y del agua hirviendo.

Esprésese por 1 el espacio ocupado por un gas seco en una temperatura dada; por P la presion que sufre, espresada en pulgadas de mercurio; por F la fuerza elástica del vapor del líquido en esta misma temperatura y en el vacío: en el momento de la mezcla sucede una dilatacion; pero al mismo tiempo la presion P disminuye de la cantidad F: luego puesto que las dilataciones ó los volúmenes estan en razon inversa de las presiones, el espacio ocupado por el aire despues de la dilatacion, que designo por

$x : 1 :: P : P-F$, luego $x = \frac{P-F}{P}$.

Asi en el caso del vapor acuoso mezclado con aire, suponiendo $P = 27$ pulgadas, y $F = \frac{1}{2}$ de pulgada, la fórmula sale $x = \frac{27}{27 - \frac{1}{2}} = \frac{54}{53}$: es decir que en este caso el aire se ha dilatado en la relacion de 53 á 54; lo que conduce al resultado de *Sausure* de que hemos hablado.

Si $P=30$ pulgadas y $F=15$ pulgadas tendriamos $x = 2$.

Si $F = P$, la fuerza elástica del vapor se pone en equilibrio con la presion que el aire sostenia, y como es constante durante todo el tiempo de la dilatacion, á causa del nuevo vapor que se forma continuamente, la dilatacion no tiene mas término: y asi tenemos $x = \frac{P}{0} = \infty$.

955. *Dalton* examina despues (véase biblioth. britanic. número 160, pág. 338 y siguient.) las diferentes suposiciones que se pueden hacer sobre las relaciones de dos gases que ocupan juntos un espacio. La que sigue es la que adopta.

Las moléculas del uno de los dos fluidos pueden no ejercer ni atraccion ni repulsion sobre las del otro; es decir que en esta suposicion estarán sujetas á las leyes de los cuerpos elásticos.

En esta hipótesis si se mezclan los dos fluidos, se distribuirán

de modo que sus fuerzas reunidas serán iguales á la presion de la atmósfera. Cada uno de ellos no será para el otro sino un obstáculo que ocupará el espacio dejado vacío por las moléculas homogéneas; la determinada presion sobre una molécula dada de un fluido mixto asi compuesto, provendrá esclusivamente de la accion repulsiva de las moléculas homogéneas.

Asi segun *Dalton*, todos los componentes de la atmósfera, el gas oxígeno, el gas nitrógeno ó azoe, el vapor acuoso etc., se arreglan juntos sin ejercer el uno sobre el otro accion alguna, y se parten proporcionalmente la presion atmosférica.

El gas nitrógeno ó azoe, sostiene por sí solo 21 pulgadas inglesas de mercurio en el barómetro.

El gas oxígeno sostiene 7,8; ni uno ni otro de estos gases mudan de estado por ningun enfriamiento conocido.

El vapor acuoso varía en cantidad en razon de la temperatura.

956. *M. Berthollet* refuta la opinion de *Dalton* con argumentos poderosos que vamos á citar. (Véase *statique chimique*, primera parte, pág. 487).

1.º El gas nitroso y el gas oxígeno, el gas amoniaco y el gas muriático ejercen una atraccion recíproca que determina su combinacion.

2.º El gas hidrógeno y el gas oxígeno forman agua en una dada circunstancia; el gas nitrógeno y el gas oxígeno pueden tambien producir ácido nítrico; pero la atraccion recíproca que determina las combinaciones no puede ser considerada como una fuerza que empiece en el mismo momento en que se manifiesta; ella ha debido existir mucho tiempo antes que no produjera su efecto, y aumentarse progresivamente hasta tanto que se haya hecho preponderante.

3.º Cuando con gas ácido carbónico se mezcla gas hidrógeno, solo despues de algunos dias la mezcla llega á ser uniforme. Si el segundo no ofreciera al gas ácido mas que un espacio vacío, este deberia marchar rápidamente á ocuparlo. Pero se dirá, el gas hidrógeno presenta un obstáculo que es menester vencer; si este obstáculo es una fuerza mecánica es menester que la accion elás-

tica sea mas poderosa que él; pero en este caso uno y otro gas deben continuar á obrar el uno contra el otro por su elasticidad.

Dalton despreció la atraccion química entre los gases, porque el ejercicio de esta fuerza está acompañado de separacion de calórico, y de una variacion en las densidades; fenómenos que no presenta la simple mezcla.

Estos efectos de la atraccion tienen ciertamente lugar cuando es bastante poderosa para producirlos, ó cuando no estan encubiertos por efectos contrarios; pero sucede á menudo que la atraccion es demasiado débil para causar una mutacion de dimension ó de temperatura; aun algunas veces causas mas poderosas no dejan parecer mas que un efecto contrario. El mercurio que adhiere en la superficie de una lámina metálica ejerce ciertamente una accion sobre ella, y no obstante no produce mutacion de dimension: si la cohesion no se opusiera, disolveria completamente al metal en virtud de la misma fuerza que le hace adherir en la superficie.

Una sal no se disuelve en el agua sino en virtud de la fuerza de atraccion, y lejos de haber disminucion de volúmen hay una dilatacion, como tambien en lugar de notarse separacion de calórico hay una absorcion.

Lo que se acaba de decir basta para hacer ver que la hipótesis de *Dalton* no puede conciliarse con las justas ideas que se deben tener de la atraccion química, y que de consiguiente la sola admisible es aquella segun la que el vapor elástico toma, por la accion de un gas, las propiedades de un fluido permanente, es decir, que se introduce en el aire, como lo haria una cantidad de este aire que tuviera la misma elasticidad que el vapor. Este aparta por la fuerza elástica las moléculas de aire entre las que se introduce, y toda la masa toma una densidad uniforme tal que despues de su dilatacion se equilibra con la presion que está partida igualmente entre todas sus partes. Por lo demas, todos los fenómenos que da la esperiencia se esplican por esta última hipótesis de un modo natural y con la mayor facilidad.

CAPÍTULO III.

DEL AGUA EN ESTADO DE VAPOR.

957. Cuando se combina agua líquida con una cierta cantidad de calórico toma la forma de un fluido elástico, y esta transformacion anunciada siempre por la ebulicion del líquido le hace adquirir propiedades muy notables.

1.º Su tendencia á la combinacion se hace tanto mayor cuanto mas débil resulta su agregacion; esta es la razon porque el aire disuelve al vapor acuoso con mas facilidad que al agua liquida.

2.º En el estado de vapor el agua ocupa un espacio cerca de 1728 veces mayor que el que ocupaba en estado de liquidez; de modo que cada pulgada cúbica de agua produce un pie cúbico de vapor. El vapor acuoso es pues menos pesado que el aire; lo que hace que este saturándose de agua se haga especificamente mas ligero, y debe de consiguiente elevarse en la atmósfera.

3.º El agua vaporizada es perfectamente invisible cuando pasa á un aire un poco seco, y cuya temperatura sea á lo menos de 18 á 20 grados. Pero si el aire que recibe al vapor está ya saturado de agua, y su temperatura no es mayor de 9 ó 10 grados, el vapor se hace perceptible bajo la forma de una nube de un gris blanco.

4.º En el estado de vapor el agua contiene una cantidad de calórico tal que medio kilógramo (una libra) es capaz de elevar cincuenta kilógramos de agua (100 libras) de 0 á + 2, es decir á 200 grados termométricos; y como el agua vaporizada no señale mas que 80 grados (escala de *Reaumur*), se sigue que oculta 120 grados de calor íntimamente combinado que no se hace sensible ó termométrico. Asi sucede tambien que el agua en 0 absorve 60 grados de mas que en el estado de hielo.

5.º El agua vaporizada obra sobre el fluido luminoso al que parece descomponer como el prisma.

6.º El vapor acuoso es sumamente elástico. Su resorte es tal que cuando se halla encerrado en límites muy estrechos, hace

violentos esfuerzos para vencer el obstáculo que se opone á su libre espansion. Las máquinas de vapor cuyo mecanismo y uso son en el dia generalmente conocidos nos ofrecen admirables ejemplos de esta verdad.

958. La madera dura, el marfil, los huesos se hacen blandos y friables en el vapor acuoso que llena la marmita de *Papin*.

959. La bomba de vapor ofrece mas admirables efectos, y merecen mas estendidos detalles.

Los movimientos de la bomba de vapor empiezan en el juego de un émbolo que se eleva y baja alternativamente en un cilindro hueco el que comunica con un una caldera sujeta á la accion de un fuerte calor. Todas las bombas de vapor que hasta ahora se han ejecutado se parecen bajo este respecto, y no se diferencian sino en el modo con que el vapor que se forma en la caldera, contribuye al juego del émbolo. En las primeras máquinas que de esta especie se imaginaron, el vapor acuoso obraba esclusivamente por la parte inferior del émbolo, determinaba su elevacion en el cilindro y bajaba despues por la presion del aire atmosférico.

960. Lo que distingue la bomba de vapor de *Chaillot* cuya construccion se debe á los hermanos *Perrier* y la invencion á *Wats* es el doble efecto del vapor del que una parte se introduce debajo del émbolo, como en las máquinas anteriormente ejecutadas, y otra encima del mismo émbolo, de modo que el interior del cilindro no tiene comunicacion alguna con el aire atmosférico.

961. Para concebir el juego de esta máquina, supóngase que el émbolo haya subido al punto mas elevado de su carrera en que está sostenido por un contrapeso situado en el estremo del balancin opuesto al que conduce el émbolo del cilindro del vapor. En este caso hay un vacío en toda la parte del cilindro situada debajo del émbolo; el vapor entra por encima, y su fuerza superior á la del contrapeso determina la bajada del émbolo en la cavidad del cilindro: penetra súbitamente una nueva cantidad de vapor debajo la base inferior del émbolo y le obliga á elevarse hasta que se halle en equilibrio entre los dos vapores; desde este

instante continúa á elevarse por la accion del contrapeso. A medida que el émbolo sube, rechaza el vapor que tiene encima y que se va á poner en su base inferior para llenar el espacio que aquel deja vacío por su ascenso. Entonces se abre un tubo lateral que comunica con lo inferior del cilindro, y que se llama condensador. El vapor penetra en su cavidad, y una injeccion de agua fria le condensa.

El émbolo en seguida vuelve á bajar y subir alternativamente en virtud de una combinacion semejante de diferentes acciones producidas por los dos vapores y el contrapeso.

962. La máquina de *Chaillot*, construida segun estos principios tiene por objeto elevar el agua de un pozo que comunica con el Sena para distribuirla en diferentes cuarteles de Paris. Esta máquina puede suministrar 13710,904 metros ó (400000 pies cúbicos) de agua en veinte y cuatro horas. El vapor levanta el émbolo de un cilindro que tiene un metro 623 milímetros y medio (5 pies) de diámetro, y que está cargado de una columna de aire que pesa mas de 21278 kilógramos (43500 libras).

963. *Betancourt* ha hecho construir en Paris en la isla de los Cisnes, una bomba de fuego, que tiene grandes ventajas sobre la de *Chaillot*. El vapor se introduce por debajo y por encima del émbolo; pero la perfeccion del mecanismo consiste en que la injeccion del agua fria se repite por los dos lados; de modo que condensa uno despues de otro, el vapor superior dejando al que obra por debajo toda su fuerza para elevar el émbolo, y el vapor inferior, para dar lugar al que pasa en lo alto del cilindro, para ejercer del mismo modo todo su esfuerzo sobre la base superior del émbolo. De aqui resulta que el émbolo es empujado con igual fuerza subiendo que bajando; de donde se originan ventajas bien notables, cuyo pormenor nos distraeria demasiado. (Véase sobre esto el segundo volúmen de la *Hidrodinámica* de *Mr. Proni*).

964. La bomba de *Wats* parecia llevada al mas alto grado de perfeccion á que pudiera elevarse, sobre todo despues de los inútiles esfuerzos de muchos de sus contemporáneos para hacer desaparecer los defectos que presenta; estos consisten en la cantidad

del rozamiento, en la complicacion del mecanismo, y principalmente en la imperfeccion del vacío producida por el aire separado del agua de injeccion que efectúa la condensacion.

965. Estos defectos que no habian podido desvanecer los trabajos de un grande número de físicos han cedido en fin á los esfuerzos de *Cartwright*. Este evita el rozamiento escesivo de los émbolos construyéndolos enteramente de metal, y para obtener el vacío condensa el vapor por la aplicacion del frio en las superficies esteriores de un reservorio á que es conducido. *Véase* á este fin el primer número de los anales de artes y manufacturas, en el que se ve una descripcion exacta de esta nueva máquina.

966. La accion del vapor acuoso detenido por obstáculos causa á veces funestos accidentes. Cuando se han disparado muchas veces los cañones, se refrescan con una rodilla humedecida que se ata en el estremo de un palo. Si la rodilla llena muy exactamente el calibre, el vapor que se forma en el fondo del cañon no pudiendo con facilidad estenderse le da una violenta impulsion llevándose algunas veces los brazos del artillero. Seria fácil prevenir semejantes desgracias, sustituyendo al palo un tubo agujereado que ofreciese libre paso al vapor.

967. 7.° El vapor acuoso alimenta la combustion, como se observa en la lámpara del esmaltador, en la eolípila.

968. La eolípila es un globo de cobre hueco al que se le une un tubo cuyo orificio es muy pequeño, se calienta el globo, el aire interior se dilata y marcha en parte por el tubo. Se sumerje prontamente el tubo de la eolípila en agua, la que cediendo á la presion del aire esterior se introduce en el globo donde encuentra menor resistencia. Cuando el globo está en parte lleno de agua se pone á la accion de un fuerte calor; muy pronto el agua encerrada en el globo se reduce á vapor, el que sale con violencia por el tubo, y si el chorro del vapor se dirige sobre un carbon poco encendido se le ve arder con admirable actividad. Despues de haber estudiado la naturaleza del agua nos hallaremos en estado de dar una esplicacion satisfactoria de este fenómeno.

LIBRO SÉPTIMO.

SEGUNDA PARTE.

CAPÍTULO PRIMERO.

DE LA NATURALEZA DEL AGUA.

969. Hasta aqui se habia mirado el agua como una sustancia elemental. Esta doctrina ha sido la de todas las edades y escuelas. La preocupacion de la simplicidad del agua es por lo tanto dificil de combatir y aunque un grande número de hechos nuevamente establecidos le quitan esta antigua prerogativa, no es de estrañar que se vean aun algunos físicos esclavos de sus opiniones rutinarias, resistir al ascendente de la evidencia. La cuestion de la composicion del agua ya no es una cuestion problemática. Está rigurosamente demostrado que el agua es una sustancia compuesta, y se deben á los químicos modernos los ingeniosos esperimentos que confirman esta verdad.

Descomposicion del agua.

Primer esperimento. Tómese un tubo de vidrio EF (fig. 106) de cerca 22 milimetros (10 líneas) de diámetro, el que se hará pasar al traves de un hornillo dándole una ligera inclinacion de E á F. Introdúzcanse en este tubo 1,5 gramos (28 granos) de carbon, que anteriormente haya sido espuesto á un calor incandecente en vasos cerrados: adáptese despues en la estremidad superior E de este tubo una retorta de vidrio A que contenga una cantidad bien conocida de agua destilada, y en su estremidad in-

ferior F un serpentin SS que se ajusta por su parte inferior á uno de los dos cuellos del matras H; en el otro cuello se adapta un tubo corvo de vidrio KK, destinado á conducir los fluidos aeriformes á un aparato propio para determinar su calidad y cantidad.

Estando asi todo dispuesto se enciende en el hornillo VVXX un fuego bastante fuerte para mantener en continua ebulicion el agua en la retorta A; se enciende al mismo tiempo fuego en el hornillo EFCD, y se sostiene de modo que pueda poner rojo el tubo de vidrio EF. El éxito de este esperimento depende de muchas circunstancias que no es fácil reunir, y que por esto mismo aumentan su dificultad. El tubo debe ser de vidrio verde muy cocido y de dificil fusion. Es menester ademas que esté bien enlodado, y á fin de que no se doble reblandeciéndose se sostiene por su medio con una barra de hierro que atraviesa el horno. El agua de la retorta A se vaporiza por la ebulicion, llena la capacidad del tubo EF y desaloja el aire atmosférico: este vapor acuoso se condensa despues por el enfriamiento, en el serpentin SS y cae agua gota á gota en el matras tubulado H; al mismo tiempo se separa una cantidad considerable de gas que sale por el tubo KK, el que se recoge en conveniente aparato. Acabada la operacion no se hallan en el tubo EF, mas que algunos átomos de ceniza, habiendo desaparecido totalmente los 28 granos de carbon.

Los gases que se han separado examinados con cuidado se halla que pesan juntos 6,03 gramos (113,7 granos): son de dos especies á saber, 2856384 milimetros cúbicos (144 pulgadas cúbicas) de un gas ácido que pesa 5,31 gramos (100 granos), y 7537680 milimetros cúbicos (380 pulgadas cúbicas) de un gas inflamable llamado *gas hidrógeno*, que pesa 0,73 gramos (13,7 granos). Si se examina despues el peso del agua que ha pasado al matras se halla que ha disminuido de 4,55 gramos (85,7 granos). Los primeros efectos producidos en este esperimento nada ofrecen de particular: lo que hay de interesante es que 4,55 gramos (85,7 granos) de agua y 78 granos de carbon han desaparecido del todo,

y ademas se han formado 5,31 gramos (100 granos) de un gas ácido y ademas 0,37 gramos (13,7 granos) de gas hidrógeno, cuyos diferentes fenómenos son fáciles de esplicar.

Se verá luego hablando del gas ácido que se obtiene en este esperimento que para formar 5,31 gramos (100 granos), es menester unir 3,82 gramos (72 granos) de oxígeno con 1,49 gramos (28 granos) de carbon: de que resulta que los 28 granos de carbon puestos dentro del tubo de vidrio han quitado al agua 3,82 gramos (72 granos) de oxígeno, y que por consiguiente 4,55 gramos (85,7 granos) de agua estan compuestos de 3,82 gramos (72 granos) de oxígeno y de 0,73 gramos (13,7 granos) de gas hidrógeno.

Cualquiera que resistiese á esta consecuencia se veria obligado á admitir que el gas hidrógeno obtenido en este esperimento se ha separado del carbon, cual separacion no puede concebirse por haber estado el carbon largo tiempo espuesto á un calor incandecente en vasos cerrados, y por consiguiente despojado del gas hidrógeno que podria contener.

Segundo esperimento. Se dispone todo como en el precedente esperimento, con sola la diferencia que en lugar de 1,5 gramos de carbon se ponen en el tubo EF 14,55 gramos (274 granos) de pequeñas láminas de hierro muy delgadas, enroscadas en espiral, se enrojece el tubo, se enciende fuego bajo la retorta A y se mantiene siempre en ebulicion el agua que contiene hasta que esté enteramente evaporada, que haya pasado toda al tubo EF, y que se haya condensado en el matras H.

En este esperimento no se separa gas ácido; y sí solamente gas hidrógeno. El peso total que de este gas se obtiene es de 795 miligramos (15 granos), y su volúmen es de cerca 8261776 milimetros cúbicos (416 pulgadas cúbicas). Si se compara la cantidad primitivamente empleada con la que queda en el matras H, se halla un *deficit* de 5,31 gramos (100 granos). De otra parte los 14,55 gramos de hierro encerrado en el tubo EF, se halla que pesan 4,4 gramos (85 granos) de mas que cuando se introdujeron, y su volúmen se halla considerablemente aumentado. Este hierro casi no es atraido por el iman, se disuelve sin efervescen-

cia en los ácidos, en una palabra, se halla en estado de óxide negro de la misma manera que el que ha sido quemado en atmósfera de gas oxígeno.

Las circunstancias principales que acompañan este esperimento son la desaparicion de 100 granos de agua, la oxidacion del hierro, el aumento de peso del mismo de 85 granos, y la produccion de 15 granos de gas hidrógeno. Todos estos fenómenos se reunen para demostrar la descomposicion del agua, porque el hierro no puede oxidarse sino por la absorcion del oxígeno; y como en este esperimento el hierro pesa 85 granos mas de lo que pesaba antes de la oxidacion se ve que ha absorvido 85 granos de oxígeno; ademas se obtienen 15 granos de gas hidrógeno; luego es menester que los 100 granos de agua que han desaparecido en este esperimento hayan sido descompuestos en 85 granos de gas oxígeno y 15 granos de gas hidrógeno.

1.° El esperimento que se acaba de describir es en el dia un esperimento familiar. Un grande número de físicos lo han repetido con el mismo suceso. Se sustituye, es cierto, un cañon de fusil cubierto de un lodo propio para garantirle del contacto del aire, al tubo de vidrio que contiene las pequeñas láminas de hierro dispuestas en espiral; pero el resultado del esperimento se halla ser perfectamente el mismo; el aumento del peso del cañon de fusil y el peso del gas hidrógeno obtenido forman precisamente el peso del agua empleada.

2.° La separacion de los principios del agua solo tiene lugar en los dos últimos esperimentos, porque el tubo de vidrio contiene carbon ó hierro que ejercen sobre el oxígeno una atraccion superior. La atraccion del hierro para este agente es tal que efectúa esta descomposicion aun cuando no esté incandecente. Tenemos por garante de esta verdad la conversion del hierro en óxide negro puesto en frascos llenos de agua destilada, y la produccion del gas hidrógeno que manifiesta su presencia cuando se aproxima una vela encendida en el orificio de estos vasos. La descomposicion del agua por el hierro no incandecente es aun mas rápida, cuando la presencia del azufre aumenta la suma de las

potencias que concurren al mismo efecto por su tendencia á unirse al óxide de hierro; y el hidrógeno se muestra teniendo azufre dividido en estado de suspension.

3.° El hierro y el carbon no tienen el privilegio esclusivo de operar la descomposicion del agua; el azufre solo la descompone en el grado de la temperatura que le pone en fusion. *Mr. Morveau* se aseguró de esta verdad adaptando á una retorta tubulada un embudo armado con llave, por medio del que dejaba caer gota á gota el agua sobre azufre fundido, hubo manifiestamente acidificacion de azufre, y este efecto no podia atribuirse sino á la descomposicion del agua, pues que los vasos se habian llenado de gas ácido carbónico.

970. Cuando se descompone el agua por los procederes que se acaban de describir, el oxígeno entra en combinacion, entre tanto que el hidrógeno se pone en estado de libertad. Si se quisiere obtener el oxígeno y no el hidrógeno en estado de gas, se emplearia para descomponer el agua la accion de los vejetales vivos espuestos á toda la accion de los rayos solares.

Puédense por fin obtener los elementos del agua separados el uno del otro en estado aeriforme formando una mezcla de gas oxígeno é hidrógeno, haciendo pasar una fuerte descarga eléctrica al traves de un tubo de vidrio de cerca 3 milimetros de diámetro y 500 milimetros de longitud, como lo han hecho ver *MM. Dieman* y *Van Troostwick* por esperimentos consignados en el *Jornal de física*, año 1789. Se verá despues que la electricidad galvánica puede servir al mismo efecto de un modo mas elegante y simple.

971. ¿Qué se opondrá á esta serie de hechos y razonamientos que concurren á establecer la descomposicion del agua? ¿Se dirá, para destruirlos, que cuando el agua en vapor atraviesa el tubo de vidrio enrojecido en el fuego, no se descompone sino que se combina en toda su forma con el hierro incandecente, que esta combinacion es la causa de la oxidacion y del aumento de peso del hierro, que cede al gas hidrógeno que se separa, y que se recoge por medio del tubo en campanas destinadas á recibirlo?

Para conocer lo frivolo de esta esplicacion obsérvese, 1.° que

el hierro incandecente no puede dar el gas hidrógeno que en este esperimento se separa. Esta asercion está apoyada en los esperimentos de *Lavoisier*, de que resulta que la cantidad de gas hidrógeno que se saca del hierro disminuye á medida que se quita su humedad; y si esto es asi, ¿no es evidente que el hierro despojado por incandecencia de toda su humedad, no puede dar cantidad alguna de este fluido aeriforme?

2.º ¿Cómo se conformará con los hechos la esplicacion que se da de los efectos producidos en este esperimento, pues que 1.º el aumento de peso en el hierro añadido al peso del gas hidrógeno obtenido corresponde exactamente á la cantidad de agua que ha desaparecido? 2.º ¿Combinando este gas hidrógeno con el gas oxígeno, se halla que absorve quemando un peso de este último igual al que el hierro ha adquirido, y que forma una cantidad de agua igual á la que se ha empleado para la oxidacion del hierro?

3.º El aumento de peso del hierro no puede provenir en este esperimento sino de uno de los principios del agua. No se puede atribuir al aire que no es accesible para el hierro encerrado en el tubo; tampoco puede provenir del agua por las razones que se han ya espuesto. Ademas decir que es la misma agua la que se fija en el metal es admitir dos especies de calcinacion sin fundamento; porque no hay diferencia alguna entre el hierro oxidado en este esperimento y el hierro quemado en gas oxígeno.

Es pues incontestable que el gas hidrógeno que se separa, cuando se espone el hierro incandecente al vapor del agua, proviene del agua descompuesta. Digo mas que el gas hidrógeno que se separa durante las disoluciones metálicas en ácidos proviene del agua y no del metal, porque, ó el ácido es en parte descompuesto y entonces no hay gas hidrógeno; lo que sucede cuando se disuelve un metal en ácido nítrico en ácido sulfúrico concentrado; ó no hay parte alguna del ácido descompuesto y en este caso se separa una cantidad considerable de hidrógeno; lo que se ve cuando se emplea ácido sulfúrico debilitado ó ácido muriático etc. Pero en estos dos casos el metal toma la misma forma de óxido, adquiere las mismas propiedades, el mismo aumento de peso;

de que se ve claramente que ha debido hallar tanto en un caso como en otro el mismo principio para formar el mismo compuesto. Pero como en el primer caso ha recibido una porcion de gas oxígeno del ácido, es menester tambien en el segundo, que este principio le haya sido administrado por alguna otra materia; y como no tiene otro cuerpo en contacto que el agua; se debe deducir que es ella la que cede esta parte: no es pues de estrañar que se separe gas hidrógeno y que solo suceda en este caso.

972. ¿Se opondrá aun á los esperimentos que se han descrito en favor de la descomposicion del agua, que segun el cuadro de las atracciones químicas trazado por *Lavoisier*, el carbon tiene mayor atraccion con el oxígeno que el hierro, y que por consiguiente el carbon deberia descomponer el agua en baja temperatura si es cierto que el hierro la descompone?

Se puede contestar con el célebre químico cuyo testimonio se invoca, que las anomalías de atracciones dependen absolutamente del grado de temperatura. No se puede dudar que el carbon incandecente quite el oxígeno á las sustancias metálicas: este es un hecho que no parece tener escepcion alguna, y sobre el que está fundada la reduccion de los metales; pero esta accion del carbon sobre el oxígeno, esta propiedad que tiene de quitarlo á las sustancias metálicas, no es tan fuerte en frio, como cuando incandecente, pues que no se conoce reduccion metálica alguna que se opere en frio por el carbon.

Sucede lo mismo con relacion al agua; el carbon que la descompone fácil é instantáneamente en un color rojo no tiene mas que una accion lenta y casi insensible sobre ella en la temperatura ordinaria de la atmósfera. Digo una accion casi insensible, porque no es á la verdad absolutamente nula. *Gengembre* observó que si se pone carbon en agua y esta se mantiene en una temperatura de 30 grados, escala de *Reaumur*, el agua se descompone poco á poco y se forma gas hidrógeno. Por lo demas las dificultades que puedan ofrecerse en la esplicacion de algunos hechos particulares, no pueden hacer vacilar las verdades establecidas sobre esperimentos decisivos. Es un principio que una opinion no puede

ser refutada sino por pruebas del mismo género que las que han servido para fundarla. Las pruebas que se han dado de la composicion del agua, siendo del órden demostrativo, no pueden ser destruidas por argumentos que apenas equivalen á ligeras probabilidades.

973. No basta haber descompuesto el agua en sus principios constitutivos oxígeno é hidrógeno, es menester para una plena conviccion, volver á formar la misma cantidad de agua con los elementos que han resultado de su descomposicion: la química moderna nos pone en estado de llenar estas condiciones.

Recomposicion del agua.

Tercer esperimento. Debajo una muy grande campana de vidrio llena de aire atmosférico y vuelta boca abajo sobre mercurio, se introduce una lámpara que contenga una cantidad de alcohol ó de espíritu de vino, cuyo peso se ha medido exactamente; se pega en la mecha un muy pequeño pedazo de fósforo, el cual se enciende con un hierro encorvado hecho ascua y que se pasa por debajo la campana. Al instante se ve que el mercurio se eleva en la campana, con que anuncia, no obstante el calor, una disminucion rápida y considerable del aire. Despues de la combustion se depone en las paredes y en la superficie del mercurio una grande cantidad de gotas de agua. Esta agua, recogida con cuidado, supera siempre, y muy á menudo de cerca un octavo, la cantidad de alcohol consumida durante la operacion. Es incontestable que una materia cualquiera en un esperimento no puede dar nada mas que lo que contiene en la totalidad de su peso: de que se sigue que solo por la adicion de otra sustancia puede una cantidad conocida de alcohol producir por su combustion una cantidad de agua cuyo peso es mayor que el del alcohol consumido. Esta otra sustancia es la base del gas oxígeno, pues que el alcohol no puede quemar sino en atmósfera de oxígeno ó de aire atmosférico en virtud del gas oxígeno que este contiene; de que se sigue que el alcohol encierra uno de los principios del agua, el hidrógeno, y el aire atmosférico es el que administra el otro, el

oxígeno. Por un proceder semejante *Lavoisier* halló que 489,50 gramos (16 onzas) de alcohol daban por la combustion 550,7 gramos (18 onzas) de agua.

Cuarto esperimento. Se toma un globo A de cristal (fig. 107) cuya abertura sea bastante ancha, y que tenga una capacidad de cerca 27,94 litros (30 pintas) (14 azumbres á poca diferencia); se le une bien una platina de cobre BC, atravesada de cuatro agujeros en los que terminan cuatro tubos; el primero H*h* está destinado á adaptarse por su estremidad *h* en una bomba neumática que sirve para hacer el vacío en el matras. Un segundo tubo *qq* comunica por su estremo MM con un depósito de gas oxígeno, y está destinado para conducirlo al matras. Otro tercero *d*D*d'* comunica por su estremo *d*NN con un depósito de gas hidrógeno; el estremo *d'* de este tubo termina por una abertura muy pequeña, al traves de la que apenas puede pasar una aguja muy fina. Esta abertura es la que debe dar salida al gas hidrógeno contenido en el depósito; y para que tenga una velocidad suficiente debe estar comprimido por una presion de 27 ó 54 milímetros (1 ó 2 pulgadas) de agua; está tambien la platina BC atravesada por un cuarto agujero, que está guarnecido de un tubo de vidrio encolado, por el que pasa un hilo de metal *q*L, en cuyo estremo L está adaptada una pequeña esfera á fin de poder disparar una chispa eléctrica de L á *d'*, para inflamar el gas hidrógeno. El hilo de metal *q*L es móvil en el tubo de vidrio á fin de poder alejar la esfera L de la estremidad *d* de el D*d'*. Los tres tubos *d*D*d'*, *qq* H*h* estan guarnecidos cada uno de su llave.

Para que los gases hidrógeno y oxígeno lleguen bien secos por los tubos respectivos que debèn conducirlos al matras A, y á fin de que esten privados de agua tanto como pueda ser, se les hace pasar al traves de los tubos MM, NN, de 27 milimetros (1 pulgada) poco mas ó menos de diámetro, el cual se llena de una sal muy delicuescente (1), tal como el muriate ó el muriate de cal.

---

(1) *Sal delicuescente es aquella que tiene la propiedad de atraer la humedad atmosférica.*

Estas sales deben ponerse en polvo grosero á fin de que no puedan formar masa y que el gas pueda fácilmente atravesar por los intersticios que dejan los pedazos.

Es necesario prevenirse antes de una suficiente cantidad de gas oxigeno muy puro; y para asegurarse que no contiene ácido carbónico, se debe dejar largo tiempo en contacto con la potasa disuelta en agua, la que haya despojado del ácido carbónico por medio de la cal.

Se procura con el mismo cuidado doble cantidad de gas hidrogeno libre de toda mezcla por medio de los procederes que luego se indicarán.

Teniendo estos dos gases asi preparados se adapta la bomba neumática al tubo *Hh*, y se hace el vacío en el matras A. Se introduce despues uno ú otro de los dos gases si bien que con preferencia el gas oxígeno, por el tubo *qq*; despues por medio de un cierto grado de presion se hace entrar el gas hidrógeno en el mismo matras por el tubo *dDd'*, cuya estremidad *d* termina en punta; se enciende por fin este gas por medio de la chispa eléctrica, y dando asi continuamente de estos dos aires se llega á hacer continuar la combustion por largo tiempo.

A medida que la combustion se efectúa se va deponiendo agua en lo interior de las paredes del matras, su cantidad aumenta poco á poco hasta que se reune en grandes gotas, las cuales van cayendo en el fondo del vaso. Pesando el matras antes y despues de la operacion es fácil conocer la cantidad de agua que asi se ha juntado.

Este esperimento se debe á *Lavoisier*, y le sirvió para conocer que eran menester 85 partes en peso de oxígeno y 15 partes igualmente en peso de hidrógeno para componer 100 partes de agua.

El esperimento mas auténtico que se haya hecho sobre la composicion del agua es el que empezó el martes 23 de mayo y terminó el sábado 7 de junio de 1788 en el colegio de Francia por *M. Lefebre* de Gineau.

El peso del gas oxigeno consumido reducido á la presion de

756 milímetros (28 pulgadas) de mercurio, en la temperatura de 10 grados, termómetro de *Reaumur*; era de 971,85 gramos (254 adarmes 10,5 granos), y su volúmen de 6959,46 decimetros cúbicos (35085 pulgadas cúbicas).

El peso del gas hidrógeno era de 252,61 gramos (66 adarmes 4,3 granos), y su volúmen de 13870,4335 decimetros cúbicos (74967,4 pulgadas cúbicas). El gas ácido y el gas nitrógeno que se hallaban mezclados con estos gases y que se sacaron del recipiente en nueve veces, pesaban 2,08 gramos (39,23 granos).

El gas oxígeno contenia una trigésima octava parte de su peso de ácido carbónico, asi el peso del gas quemado era de 1074,18 gramos (280 adarmes 63,8 granos); lo que hace 1074,18 gramos (2 libras 3 onzas 0 adarmes 63,8 granos).

Los vasos se abrieron en presencia de los comisionados de la academia de ciencias, y se hallaron 1072,54 gramos (2 libras 3 onzas 0 adarmes 33 granos) de agua. Este peso corresponde al de los gases empleados con sola la diferencia de solo cerca 64 gramos (31 granos). Este deficit puede provenir del calórico que tienen los gases en disolucion, y que se disipa cuando se fijan, lo que debe necesariamente ocasionar una pérdida.

El agua era de gusto acídulo y dió 1,46 gramos (27,5 granos) de ácido nitrico que fue el producto de la combinacion del gas nitrógeno y oxígeno.

El gas hidrógeno no quema en el oxígeno, sino porque tiene mayor atraccion con la base del gas oxígeno, que está con el calórico. El gas hidrógeno se ampara pues de esta base; mientras que el calórico se pone en estado de libertad, las bases de estos dos gases se combinan para producir una tercera sustancia, verdadero resultado de su combinacion. La naturaleza de esta sustancia no es equívoca, pues que despues de la combustion del gas hidrógeno en el gas oxígeno no se halla mas que agua, y que el peso del agua producido es precisamente igual á la suma de los pesos del gas oxígeno y del gas hidrógeno empleados.

974. No se diga que el agua que se obtiene por medio de este esperimento estaba en los dos gases que han servido para la com-

bustion, y que la han debido abandonar por la pérdida del calórico que les daba la fluidez aeriforme. En efecto, en este esperimento 4,52 gramos (85 granos) de gas oxígeno y 0,79 gramos (15 granos) de gas hidrógeno dan 5,31 gramos (100 granos) de agua: pero 5,31 gramos (100 granos) de aire no pueden contener 5,31 gramos (100 granos) de agua; porque seria menester decir que el gas hidrógeno es agua, y que el gas oxígeno tambien es agua, y que estos dos fluidos aeriformes son una misma cosa. ¿Y cómo se podrá componer la identidad de estas sustancias gaseosas con la diversidad, y aun algunas veces oposicion de las propiedades que las distinguen?

975. Puede ser que alguno objetará que la combinacion del oxígeno y del hidrógeno no produce siempre agua; que en ciertas circunstancias se obtiene ácido carbónico; en otras gas nitrógeno; en fin que algunas veces resulta gas nitroso y ácido nitroso. La respuesta á esta objecion es muy simple. Todas las veces que se emplee gas hidrógeno puro, es decir exento de toda mezcla de gas nitrógeno y de carbon, y que se combine en cualquiera temperatura con gas oxígeno igualmente puro, se forma constantemente agua, y el peso de esta agua es rigurosamente igual al peso de los dos gases. Es verdad que en algunas circunstancias se obtiene gas ácido carbónico, en otras gas nitroso ó ácido nitroso. Siempre que se obtenga gas ácido carbónico, la cantidad de este ácido aeriforme es poco considerable y siempre relativa á la del carbon disuelto en el gas hidrógeno y procedente del hierro ó del zinc que han servido para la estraccion del hidrógeno del agua. Cuando se obtiene gas nitroso y ácido nitroso, el gas oxígeno empleado no es puro; en este caso contiene gas nitrógeno, que da gas nitroso por su combinacion con el gas oxígeno; esto sucede siempre que el gas oxígeno empleado se haya estraido del precipitado rojo; este cuerpo es una calcinacion del mercurio por el ácido nítrico, por lo que no es de estrañar que el gas oxígeno que se obtiene, contenga los elementos del ácido nítrico; y que de la combinacion de este gas con el hidrógeno resulte gas nitroso y ácido nitroso.

976. Es pues incontestable, sea que se opere analíticamente ó sintéticamente, que el agua no es una sustancia elemental, que es un compuesto de dos principios, el oxígeno y la base del gas hidrógeno en la razon de 85 á 15. Ademas de las pruebas directas que han servido para demostrar esta importante verdad, hay otras que aunque indirectas no son menos persuasivas; estas se sacan de un grande número de fenómenos que la naturaleza nos presenta. La oxidacion de los metales en lo interior del globo al abrigo de las influencias del aire atmosférico; la eflorescencia de las piritas; la formacion de los ocres; la separacion súbita de gas hidrógeno cuando se sumerje en agua un hierro incandecente, como han observado *Stoulss* y *d'Hellancourt*; la actividad del fuego que aumenta considerablemente por el soplo de la eolípila ó tambien cuando se echan algunas gotas de agua sobre carbones hechos ascuas; todos estos fenómenos eran poco tiempo hace enigmas inesplicables de que nos ha dado en fin la solucion la teoría de la composicion del agua. Se verá pronto que fenómenos aun mas señalados, tales como el de la respiracion, el del calor animal, de la vejetacion etc. se sujetan como por sí mismos á esta bella teoría.

Las propiedades del gas oxígeno, cuya base es uno de los principios del agua, han fijado ya nuestra atencion: faltan estudiar ahora las del gas hidrógeno cuya base entra tambien como elemento en la composicion del agua.

CAPÍTULO II.

PARRAFO PRIMERO.

DEL GAS HIDRÓGENO Ó GAS INFLAMABLE PURO.

977. El gás hidrógeno puro conocido en todas partes bajo la denominacion de aire inflamable no pertenece á un nuevo descubrimiento. *Halles* habia separado de los vejetales un fluido aeriforme que se inflamaba aproximándole una vela encendida; *Sthal*

y *Kunchel* habian observado lo mismo haciendo disolver hierro en ácidos. Estos habian percibido que de esta disolucion resultaba un vapor aeriforme que se inflamaba con esplosion, cuando se le presentaba una vela encendida; pero estos físicos no llevaron mas allá sus indagaciones y este descubrimiento fue para decirlo asi sofocado en el mismo instante de su nacimiento.

978. Algunos esperimentos de *Blak* sobre los fluidos aeriformes dispertaron la atencion de los físicos. *Cavendich* y *Priestley* procuraron recoger el gas que se separa de las disoluciones metálicas por los ácidos. Estudiaron los fenómenos que presenta y probaron que este fluido aeriforme es una especie de gas distinguido por sus propiedades particulares.

979. La naturaleza de la base del gas hidrógeno no es aun conocida: cuando se separa de una combinacion contrae otra nueva, lo que ha sido causa que no se haya podido obtener hidrógeno aislado para sujetarle á la análisis.

980. Se estrae gas hidrógeno por la simple destilacion de los vejetales. La putrefaccion animal y la fermentacion vejetal producen tambien una grande cantidad de este fluido aeriforme. El mas puro es el que se obtiene haciendo disolver hierro ó zinc en ácido sulfúrico debilitado en que su gravedad específica esté con relacion al agua en la razon de 11 á 10 ó á poca diferencia: no se hablará de los medios de que es menester valerse para estraerlo, recibirlo y transvasarlo en campanas llenas de agua ó de mercurio. Estos son absolutamente los mismos que los que se han indicado en uno de los capítulos precedentes.

981. El gas hidrógeno tiene las propiedades físicas que caracterizan los fluidos aeriformes, tales como la indivisibilidad, la elasticidad etc., la que le distingue particularmente en su gravedad específica, pues que es mucho mas ligero que el aire atmosférico; la gravedad específica del primero es á la del segundo como 8,04 es á 100,00: y á la del agua destilada como 0,9911 es á 10000,0000: la pulgada cúbica de gas hidrógeno pesa 1,96 miligramos (0,0370 de grano), y el pie cúbico 3395 miligramos (63,9360 granos).

982. En esta ligereza del gas hidrógeno está fundada la teoría de los globos aerostáticos. Se llena un globo de gas hidrógeno; el peso de la cubierta y del gas que encierra es menos considerable que un igual volúmen de aire atmosférico, y en virtud de esta diferencia de gravedad específica el globo se eleva en la atmósfera hasta tanto que su peso esté en equilibrio con un igual volúmen de aire ambiente.

Hay una grande diferencia entre los mongolfieres y los globos aerostáticos. En los mongolfieres se dilata por el calor un dado volúmen de aire atmosférico encerrado en un continente de lienzo. El aire enrarecido por el calor es mas ligero que un igual volúmen de aire atmosférico que no ha sufrido dilatacion alguna; por lo que debe hacer esfuerzo para elevarse en la atmósfera y arrastrar consigo la capa que le encierra.

983. La grande ligereza del gas hidrógeno hizo sospechar á *Lavoisier* que el que se escapa de la superficie del globo marcha á las altas regiones de la atmósfera para ocupar alli el lugar determinado por su gravedad específica, y dar origen á los señalados fenómenos de que la atmósfera nos ofrece el espectáculo. Haré ver hablando de los meteoros que esta sospecha está fundada en motivos propios para justificarla.

984. El gas hidrógeno no es propio para alimentar la combustion.

Primer esperimento. Despues de haber hecho pasar gas hidrógeno á una campana llena de mercurio, se introduce en ella una pequeña cápsula en la que se ha puesto yesca y cerca 14 miligramos (¼ de grano) de fósforo, se pone en contacto con el fósforo (pasándolo al traves del mercurio) un hierro encorvado que se ha enrojecido en el fuego. El fósforo tocando al hierro caliente se licúa al instante, pero no sucede inflamacion alguna.

El efecto producido en este esperimento confirma altamente que el gas hidrógeno no puede alimentar la combustion: si gozára de esta propiedad no hay duda que se llegaria al fin á inflamar el fósforo, el azufre, el carbon ó cualquiera otro combustible, puesto á este fin debajo la campana que contiene á este fluido

aeriforme, sea dirigiendo sobre estas sustancias combustibles el foco de una lente, ó sea haciendo pasar una cantidad considerable de fluido eléctrico; pero estos ensayos repetidos de diferentes modos jamas han producido efecto. *Priestley* es el único que ha quemado pólvora en el gas hidrógeno por medio de una lente ustoria; detonó alli libremente, pero no hizo sufrir al gas hidrógeno alteracion alguna; lo que confirma que este fluido aeriforme no es propio para la combustion.

El gas hidrógeno es combustible.

Segundo esperimento. Llénese una botella de gas hidrógeno y cerrado su orificio con el dedo retírese de la cubeta neumática, levántese el dedo y preséntesele inmediatamente una vela encendida.

El gas se inflama; se ve que la llama desciende sucesivamente en la botella; y si antes que haya cesado se sumerje el cuello de la botella en agua ó en mercurio, estos fluidos entran casi instantáneamente y llenan parte de ella. El gas residuo no es otra cosa que la parte del aire atmosférico que no sirve para la combustion mezclado con un poco de gas hidrógeno que no ha sido quemado. La llama no es necesaria para encender este gas. *Volta* lo inflamó con hierro incandescente, con la chispa del eslabon. *Mr. de Morveau* dejó caer en un pequeño matras que estaba lleno de este gas un carbon aun encendido, pero casi acabado y del todo ceniciento; la inflamacion fue instantánea y tal que rompió el matras rechazando el carbon á mas de dos pies de altura.

Este esperimento nos hace ver claramente que el gas hidrógeno que no puede inflamarse solo, goza de esta propiedad cuando está en contacto con el aire atmosférico; pero ¿cómo este último puede dar al gas hidrógeno la propiedad de inflamarse? El aire atmosférico está compuesto de gas oxígeno y de gas azoe en la razon de 1 á 3. El gas azoe no tiene influjo alguno sobre esta combustion, pues que se vuelve á encontrar despues del fenómeno

tal como antes era. La inflamacion del gas hidrógeno no puede pues atribuirse sino á la parte oxigénea del aire atmosférico; de que resulta que el gas hidrógeno quema por el contacto del aire comun del mismo modo que el fósforo, el azufre, el carbon y todas las sustancias combustibles; quiero decir quitando al gas oxigeno la sustancia que le sirve de base y facilitando por esta absorcion la salida del calórico que daba á esta base la fluidez aeriforme.

985. De muchos otros modos se puede efectuar el esperimento que se acaba de describir.

1.º Se llena de gas hidrógeno una grande campana de vidrio armada por su cuello de una llave que se le añade un tubo recto ó corvo; se comprime el gas bajando la campana debajo del nivel del agua en la cubeta; se abre entonces la llave y se presenta una vela encendida en la estremidad del tubo, el gas se inflama al instante y forma lo que se llama *candela filosófica*, la que dura mientras haya gas y que vaya saliendo sumerjiendo el recipiente en agua.

2.º Una vejiga que tenga atada una llave ó mas simplemente un tubo de vidrio, por el que se hace salir el gas compriméndole, presenta el mismo fenómeno. Para llenar la vejiga se adapta á un recipiente tubulado. Es del caso notar que las vejigas estan sujetas á recibir y transmitir insensiblemente los fluidos aeriformes por sus poros como lo demostró *Priestley*, de manera que podria haber peligro si se tardaba en esprimir una vejiga asi cargada.

Tercer esperimento. Llénese una botella de aire atmosférico y de gas hidrógeno, de modo que haya cerca los dos tercios de aire atmosférico; vuélvase hácia arriba cerrando su boca con el dedo, y apartándole preséntesele una vela encendida. La llama ya no se ve mas bajar por grados en la botella. La inflamacion es instantánea y acompañada de una verdadera esplosion con un ruido semejante al de un pistoletazo.

Cuarto esperimento. Llénese la misma botella de gas oxigeno y de gas hidrógeno de modo que haya los dos tercios de este úl-

timo, é inflámese esta mezcla como en el esperimento precedente. La inflamacion es total é instantánea, y la detonacion muy violenta; puede serlo tal que rompa la botella aunque esté abierta: para evitar el riesgo de la rotura, se debe tomar la precaucion de cubrir la botella para que se detengan los fragmentos.

986. Estos fenómenos anuncian una accion bien señalada del gas hidrógeno sobre el oxígeno. Si el gas hidrógeno detona estando mezclado con aire atmosférico al aproximarse un cuerpo encendido, esto sucede por razon de la porcion de gas oxígeno que contiene. Asi las detonaciones producidas por la mezcla de gas hidrógeno y aire atmosférico son mucho menos fuertes que las que se hacen mezclando gas oxígeno puro con gas hidrógeno. La combustion de esta mezcla forma agua, y esta propiedad que tiene el gas hidrógeno de formar agua por su combinacion con el gas oxígeno es la que ha motivado el darle el nombre de gas hidrógeno, es decir engendrador de agua.

Quinto esperimento. Introdúzcanse dos partes de gas hidrógeno y una parte de gas oxígeno en un vaso de metal *aq* (fig. 108), guarnecido de una varilla encorvada tambien de metal *bcd* que pase por un tubo de vidrio *a* encolado en el cobertor del vaso, á fin de aislarle; ciérrese exactamente el cuello *g* con un buen tapon de corcho, y preséntese á un conductor electrizado la pequeña esfera de metal *b*. La mezcla encerrada en el vaso se inflama, sucede una viva esplosion y el tapon es arrojado con bastante fuerza para dañar á cualquiera contra quien fuere á dar.

Se verá despues que presentando á un cuerpo electrizado la pequeña esfera de metal *b*, debe escitarse una chispa, y debe tambien escitarse otra entre la esfera *d* y el borde del vaso. Esta segunda chispa es la que inflama la mezcla, y la combinacion de los gases que la componen es la que produce la fuerte detonacion. Con el mismo instrumento empleado en este esperimento se pueden producir efectos admirables. *Volta* á quien debemos su invencion, adaptaba al cuello *g* del vaso un pequeño cañon cargado de una bala la que, al detonar la mezcla, era arrojada con bastante fuerza para pasar á la distancia de veinte y cinco pasos.

una tabla de encina de 27 milimetros (1 pulgada) de espesor. A este instrumento se le da el nombre de *pistola de Volta*.

987. Las propiedades del gas hidrógeno establecidas por los esperimentos precedentes hicieron nacer en *Volta* la idea de un instrumento llamado *eudiómetro*, que sirve para medir la pureza del aire. Habiendo este físico observado que despues de la detonacion habia siempre una grande disminucion en el volúmen de los gases, procuró medirlo exactamente. Para obtener este fin hizo colocar en la estremidad inferior de su pistola una guarnicion de cobre con una llave. Introducidos los gases en el tubo se cierra la llave. Efectuada la detonacion se vuelve á abrir debajo agua, la que subiendo por el tubo indica la absorcion que ha habido. Para medir con mas exactitud esta disminucion de volúmen del gas se usan tubos de vidrio bien calibrados, que se dividen en grados. Por este medio halló *Volta* que una parte de gas oxigeno podia hacer detonar dos de hidrógeno, al paso que eran menester cuatro partes de aire atmosférico para producir el mismo efecto.

Este eudiómetro presenta muchos inconvenientes; 1.° no puede ser empleado para los gases en que el gas oxígeno no se halla sino en pequeña cantidad, porque entonces la inflamacion no tiene lugar. Los eudiómetros que producen su efecto por la combustion del fósforo tienen el mismo defecto; 2.° si no se añade el gas hidrógeno mas que por partes, ó bien si las proporciones de los dos gases son á corta diferencia equivalentes, hay una porcion de gas oxígeno que no se fija en la combustion, y esta porcion varía segun la cantidad de residuo no inflamable. Se puede evitar en gran parte esta causa de error haciendo pasar el aire que se quiere sujetar á la esperiencia dentro una mayor cantidad de gas hidrógeno del que se necesita para la combustion. Se evita por el mismo medio la formacion de un poco de ácido nitroso que altera la exactitud del resultado.

988. Se ha procurado sustituir el gas hidrógeno á las materias combustibles en las estufas y lámparas. *Neret* consiguó en el Jornal de física (enero 1777) la descripcion de una estufilla de gas hidrógeno. Otros físicos han imaginado lámparas de gas hidrógeno

que de noche pueden encenderse por medio de la chispa eléctrica. Al hacer esta tentativa es menester tener mucho cuidado que no se introduzca aire atmosférico en la lámpara, pues que ocasionaria una fuerte detonacion y la rotura del vaso.

989. Se ha hallado el medio ingenioso de hacer fuegos artificiales muy agradables por medio del gas hidrógeno, llenando de él vejigas V guarnecidas de llaves de cobre R (fig. 109) é introduciéndole por medio de estas vejigas en tubos cilíndricos diferentemente contorneados y agujereados por un grande número de pequeñas aberturas. Se comprimen estas vejigas, pasa el gas hidrógeno á los tubos saliendo por todos sus agujeros, se inflama por medio de una vela encendida, y produce asi fuegos muy agradables, que se hacen subir á una altura proporcional al grado de compresion que se da á los gases contenidos en las vejigas. *Diller* demostrador de física en la Haya se ha distinguido particularmente en esta materia por la variedad de colores y formas que ha dado á sus fuegos de artificio; para este objeto empleó gas hidrógeno estraido de diferentes sustancias. El gas hidrógeno estraido del carbon de piedra produce la llama blanca. El color azul es producido por la mezcla de partes iguales de aire atmosférico con este gas. El gas hidrógeno puro produce el color rojo, y si soplando se le mezcla gas espirado, le da una pequeña tintura azul.

990. El gas hidrógeno es impropio para la respiracion.

Sexto esperimento. Tómese una campana de vidrio, llénese de gas hidrógeno y sumérjase inmediatamente en él una avecilla cualquiera, cerrando luego para impedir la evasion del fluido aeriforme. Al instante se ve que el ave sufre convulsiones violentas, pereciendo dentro muy corto tiempo. Este esperimento prueba que el gas hidrógeno no es favorable á la respiracion. De aqui no se debe inferir que este fluido aeriforme sea por lo mismo un veneno mortal para el hombre, y para los animales. *Scheele* respiró mas de veinte veces gas hidrógeno sin ser incomodado. *Fontana* no pudo hacer sino tres inspiraciones de este gas; asi es que objetó á los químicos suecos que el gas hidrógeno respirado por *Scheele* estaba mezclado con aire atmosférico. El intrépido *Pila-*

tre de Rorier respondió á esta objecion con el siguiente esperimento. Despues de haber respirado una grande cantidad de gas hidrógeno contenido en una vejiga, puso en su boca un tubo para espirar este fluido aeriforme al que inflamó con una vela encendida, de suerte que parecia vomitar llamas. Si este gas decia fuese mezclado con aire atmosférico detonaria en mi boca. Esperimentó este desgraciado accidente una vez que habia respirado gas hidrógeno muy puro mezclado con un noveno de aire atmosférico. El gas hidrógeno es inmiscible con el agua, por lo que esta no se absorve en los primeros instantes. Asi es que se conserva este fluido aeriforme encima de agua, para los esperimentos que se quieran hacer dentro poco tiempo; pero si se deja por mucho tiempo, el agua le absorve y se altera tan sensiblemente que no se puede esperar exactitud en los resultados.

§ II.

Del gas hidrógeno fosforado ó del gas fosfórico.

991. El descubrimiento del gas hidrógeno fosforado se debe á *Gengembre*. Para obtenerlo puso álcali fijo vejetal ó potasa cáustica en digestion con fósforo (1): al cabo de algunas horas percibió una multitud de ampollas muy pequeñas que adherian en la superficie del fósforo. Entonces espuso el todo á un calor de 35 á 40 grados para acelerar la accion de la potasa. Apenas el fósforo fue licuado que separó una cantidad bastante considerable de un gas particular que exhalaba un olor insoportable de pesca-

---

(1) *El fósforo no debe ser colocado mas entre las sustancias simples.* Mr. Davi *hizo obrar sobre este agente una bateria de* 500 *pases. El fósforo se puso de color rojo oscuro bajo, y se produjo gas hidrógeno fosforado igual en volúmen á cuatro veces el fósforo empleado: de que se sigue que el hidrógeno es uno de los elementos del fósforo.* Mr. Davi *sospecha tambien que el oxígeno es uno de sus componentes. Pero esta sospecha debe justificarse por nuevos esperimentos.*

do podrido, el que se inflamaba espontáneamente con esplosion, al instante que se ponia en contacto con el aire atmosférico. Este gas es el gas hidrógeno fosforado. Los esperimentos siguientes servirán, al paso que para demostrar el modo mas simple de obtenerle, para establecer sus propiedades quimicas, y para fijar nuestra opinion sobre la naturaleza de este gas. No se hablará de sus calidades físicas, pues que son á corta diferencia las mismas que las del gas hidrógeno puro. La que se distingue, es su gravedad específica que es doble de la del gas oxígeno. *Gengembre* valúa el peso de una pulgada cúbica de este gas en 42 miligramos (0,8 de grano): es decir que un pie cúbico pesaria 78,694 gramos (1482 granos).

Primer esperimento. Se pone en una redoma potasa cáustica, ó piedra cáustica disuelta en una pequeña cantidad de agua con la mitad de su peso de fósforo. En el orificio de la redoma se adapta la estremidad de un tubo encorvado sumerjiendo el otro estremo en una cubeta hidroneumática; se sujeta la mezcla al calor de una vela encendida.

Se produce una ligera efervescencia. La potasa cáustica toma un color mas bajo, y el gas empieza á pasar entonces dando un color hediondo de pescado podrido, y sin inflamarse; pero poco despues cada burbuja que se escapa al traves del tubo, se eleva sobre el agua, y se inflama.

La potasa cáustica obra sobre el fósforo á quien divide, mientras que el fósforo obra sobre el agua, á la que descompone. El oxígeno del agua se une á una parte del fósforo, para formar el ácido fosfórico, y el gas hidrógeno amparándose de las partículas del fósforo dividido, se escapa al traves del tubo adaptado al orificio de la redoma. La estremidad del tubo estando sumerjida en agua, las burbujas de hidrógeno fosforado, que salen por su orificio, deben por su mayor ligereza elevarse sobre la superficie del agua. Se hallan entonces en contacto con el aire atmosférico, que tiene la propiedad de inflamar el fósforo. El fósforo inflamado comunica la inflamacion al gas hidrógeno el que en este estado produce la llama y las pequeñas esplosiones que se oyen

en esta clase de esperimentos. Las primeras burbujas que se escapan al traves del tubo no se inflaman, aunque en contacto del aire atmosférico, que sucede probablemente asi porque una parte del agua se descompone antes que el fósforo esté bastante dividido, para poder ser llevado con el gas hidrógeno que resulta de esta descomposicion. Las primeras burbujas que escapan, no tienen de consiguiente fósforo en disolucion; son de gas hidrógeno puro, que no puede quemarse, aun cuando esté en contacto con el aire atmosférico, sino arrimándole un cuerpo inflamado. Se puede obtener tambien el gas hidrógeno fosforado, echando en seis partes de agua, media de fósforo muy dividido, y añadiendo á esta mezcla tres partes de ácido sulfúrico concentrado. El gas se desprende en pequeñas burbujas que cubren la superficie del fluido, y que se inflaman por el contacto del aire.

992. La propiedad que tiene el gas hidrógeno fosforado de inflamarse cuando está en contacto con el aire atmosférico, sin que se le haya de presentar un cuerpo en ignicion, aclara muchos fenómenos cuya esplicacion hasta ahora no ha podido alcanzar la actividad de los físicos.

1.° El aire que arde en la superficie de ciertos manantiales y forma lo que se conoce con el nombre de fuentes ardientes, no es otra cosa que gas hidrógeno fosforado. Existe un manantial de esta naturaleza en las colinas de San-Colombat. El departamento del Isere ofrece otro semejante, en la parroquia de San Bartelemi. *Bouvier* consignó algunas observaciones sobre esta fuente encendida, en el Jornal de medicina ilustrado por las ciencias físicas, tom. 3. núm. 8. Refiérese que durante los ardores del verano la separacion del gas hidrógeno fosforado es tan considerable, que se ve continuamente una llama de cerca dos metros (7 pies) de altura, y que á algunos viageros á su aspecto les ha parecido ver un pueblo en combustion.

2.° Los fuegos fatuos que corren por los cementerios deben su origen á la misma causa. Los cementerios contienen muchas sustancias animales en putrefaccion: todas estas contienen fósforo: el fósforo se volatiliza por la influencia del calórico, marcha á la

atmósfera, se inflama por el contacto con el aire atmósférico y da asi orígen á estas ligeras llamas que corren durante las noches de verano por las capas inferiores de la atmósfera.

993. La esplicacion que se ha dado de este último esperimento parece suponer que el gas hidrógeno fosforado no es otra cosa que gas hidrógeno puro que tiene en estado de suspension fósforo muy dividido. El siguiente esperimento disipará todas las dudas que pueden ofrecerse acerca de este objeto.

Segundo esperimento. Llénese una campana de gas hidrógeno puro, colóquese sobre mercurio; introdúzcase fósforo en el fondo de la campana sobre el mercurio; háganse caer despues en medio de esta campana los rayos del sol reunidos por un espejo ustorio.

El gas hidrógeno puro encerrado en la campana, al instante se muda en gas hidrógeno fosforado, al que el simple contacto del aire atmosférico inflama escitando ligeras esplosiones. ¿Qué sucede en este esperimento? Los rayos del sol reunidos por el espejo ustorio ejercen toda su actividad sobre el fósforo encerrado en la campana. El fósforo fuertemente calentado se volatiliza, y el gas hidrógeno se ampara de pequeñas porciones de fósforo dividido por el calórico. Las propiedades que adquiere el gas hidrógeno puro no pueden pues provenir sino del fósforo que tiene en un estado de suspension: de que se sigue que el gas hidrógeno fosforado no es otra cosa que gas hidrógeno puro que tiene fósforo en disolucion.

994. El alcali fijo mineral ó la sosa cáustica presenta enteramente los mismos fenómenos con el fósforo, que la piedra cáustica ó potasa cáustica.

995. La leche de cal da tambien gas fosfórico por su mezcla con el fósforo, y parece que este gas aunque en menor cantidad que en la operacion en que se habia empleado potasa, contiene proporcionalmente mas materia inflamable.

996. Débese por fin á *Pearson* un nuevo medio de obtener gas hidrógeno fosforado. Este medio consiste en mezclar fósforo con cal viva. Esta mezcla forma un polvo rojizo que tiene la propiedad de descomponer el agua; una parte del fósforo se combina con el

oxígeno y forma el ácido fosfórico, el que despues se combina con la cal para formar fosfate de cal; otra parte del fósforo se combina con el hidrógeno y forma gas hidrógeno fosforado que se separa del agua, y se inflama al ponerse en contacto con el aire atmosférico con una especie de crepitacion. Este espectáculo curioso dura muy largo tiempo: una pequeña cantidad de este polvo basta para producir estos fenómenos.

Tercer esperimento. En una campana llena de gas hidrógeno fosforado puesta sobre mercurio, hágase entrar aire atmosférico ó gas oxígeno en pequeña cantidad. Por cada ampolla de aire atmosférico que va á rebentar en la superficie del mercurio el gas hidrógeno se inflama por sí mismo; pero cuando se introduce gas oxígeno, el gas hidrógeno fosforado quema con bastante actividad produciendo un calor y una dilatacion tan considerables que la campana se rompe si no es muy recia, y si se hace la mezcla en proporciones muy grandes.

997. El agua absorve el gas hidrógeno fosforado: inmediatamente que estos dos fluidos estan en contacto se forma una nube blanca que no tarda á desaparecer. Esta nube depende probablemente de la combustion de una pequeña porcion de este gas. Cuando se introduce fósforo en un frasco que no esté enteramente lleno de agua, si el fósforo está en contacto por algun punto con el aire atmosférico sucede una pequeña combustion, y el frasco es súbitamente ocupado por una nube blanca que se disipa despues de la combustion. El aire atmosférico contenido en el agua produce aqui el mismo efecto por su contacto con una parte de gas hidrógeno fosforado que el agua ha absorvido, y esto es lo que ha producido la nube. Puede uno asegurarse de esta verdad haciendo el esperimento con agua despojada por la ebulicion del aire atmosférico que pueda contener: la nube no parece, no obstante que hay absorcion de gas hidrógeno fosforado.

Pues que el agua absorve el gas hidrógeno fosforado, es menester para conservar este fluido aeriforme recogerlo en campanas llenas de mercurio. La absorcion de este gas por el agua no es tan repentina que no pueda uno servirse del aparato de agua

cuando se quieran hacer esperimentos que no exijan la mayor exactitud en los resultados: me sucede algunas veces al recibir gas hidrógeno fosforado en un tubo lleno de agua de 189 á 216 milimetros de altura (7 á 8 pulgadas) sobre 27 milimetros (1 pulgada) de diámetro, que al estar lleno el tubo de gas hidrógeno fosforado, elevándolo un poco encima del agua para volverlo á poner súbitamente en su superficie, cada vez que repito esta operacion una llama grande y viva parece saltar de la superficie del agua hácia la atmósfera. He hecho este esperimento en la oscuridad y he entendido muchos espectadores gritar con sorpresa, que el agua vomitaba llamas. Despues de la entera combustion del gas hidrógeno fosforado, las paredes del tubo quedan tapizadas de una materia algo amarilla que no es otra cosa que ácido fosfórico concréto.

998. El gas hidrógeno fosforado es muy nocivo para la respiracion; los animales que se sumerjen en él perecen inmediatamente; mezclado súbitamente con el gas oxígeno detona. El mismo fenómeno tiene lugar cuando se mezcla con el gas oximuriático ó con el gas nitroso.

999. La propiedad que tiene el fósforo de inflamarse en contacto con el aire atmosférico, ha hecho imaginar los eslabones fosfóricos que no son otra cosa que fósforo muy seco, muy dividido y puede ser un poco oxidado. El medio mas simple de prepararlos es como sigue: se pone un poco de fósforo, secado con papel de estraza fino, en un pequeño frasco el cual se hace calentar hasta tanto que el fósforo esté licuado; entonces se da vuelta al frasco en todos sentidos á fin que el fósforo liquido adhiera á las paredes. Se cierra el frasco y queda construido el eslabon.

§ III.

Del gas hidrógeno sulfurado.

1000. El gas hidrógeno sulfurado es conocido mucho tiempo hace. *Meyer* habia observado que echando ácidos sobre las combinaciones de azufre con los álcalis se separaba un vapor muy

hediondo que se inflamaba al aproximarle una vela encendida. *Rouelle* el jóven hizo la misma observacion. Este fluido aeriforme fijó despues mas particularmente la atencion de *Scheele* quien le llamó *aire hediondo del azufre*; pero se debe á *Bergman* el conocimiento de las propiedades que le caracterizan. Este físico le dió el nombre de *aire hepático*, porque se separa ordinariamente, echando ácido sobre hígado de azufre.

1001. El gas hidrógeno sulfurado tiene las mismas propiedades físicas que el gas hidrógeno puro; su gravedad específica es no obstante mucho mayor. Se trazará un cuadro abreviado de de sus propiedades químicas; porque parece inútil entrar en una larga esposicion de los esperimentos que concurren á establecerla.

1002. 1.º El gas hidrógeno sulfurado mata con mucha prontitud los animales que lo respiran.

1003. 2.º Este gas estingue súbitamente una vela encendida.

1004. 3.º Si se hace pasar gas hidrógeno sulfurado en una botella llena de agua en que se haya desleido cal, este gas segun el descubrimiento de *M. Berthollet*, absorve la cal, la satura como un ácido, y le da la propiedad de cristalizar en prismas. El compuesto que resulta de esta combinacion es un verdadero hidro-sulfure calcáreo muy disoluble en el agua, sin color y de un olor fuerte y fétido en el aire: los ácidos lo descomponen con efervescencia y separan el gas hidrógeno sulfurado bajo la forma de gas.

1005. 4.º Mezclado con el aire atmosférico ó con el gas oxígeno el gas hidrógeno sulfurado se inflama y detona por la chispa eléctrica ó por el contacto de cuerpos inflamados.

1006. 5.º Este gas arde dando una llama azul rojiza; quemando depone azufre sobre las paredes de los vasos que le encierran.

1007. 6.º El ácido nitroso y el ácido sulfuroso lo descomponen, le quitan su fluidez aeriforme y le separan el azufre.

1008. 7.º Este gas es absorvido por el agua, la que adquiere un olor muy fétido, y esta disolucion se descompone en el aire y por los mismos medios que el gas.

1009. 8.º Precipita las disoluciones metálicas.

1010. 9.° Algunos metales y particularmente la plata y el mercurio separan de él el azufre; asi es que no se puede trasvasar en campanas llenas de mercurio sin descomponer una grande parte.

1011. Todas estas propiedades del gas hidrógeno sulfurado anuncian ya que contiene azufre muy dividido. *Gengembre* ha demostrado que este fluido aeriforme no es otra cosa que gas hidrógeno puro que tiene azufre en estado de disolucion. Para establecer esta verdad puso azufre en campanas llenas de gas hidrógeno puro y procuró su estrema division por medio del espejo ustorio. El gas hidrógeno puro adquirió por este medio todas las propiedades del gas hidrógeno sulfurado; de que se sigue que esta sustancia aeriforme está compuesta de gas hidrógeno puro y azufre. A la disolucion de este último debe las calidades que le son propias. El azufre por dividido que esté en él no arde en el mismo tiempo que el gas hidrógeno, pues que se depone en parte durante la combustion de este último. Este fenómeno depende de que el gas hidrógeno para encenderse con el contacto de cuerpos inflamados, no necesita una temperatura tan elevada como el azufre.

1012. Existen en las cavidades subterráneas sulfúres ó píritas con grande cantidad de agua. La descomposicion natural de estas sustancias da orígen al gas hidrógeno sulfurado, el que hace adquirir á las aguas propiedades particulares. Estas aguas son conocidas bajo el nombre de *aguas minerales sulfurosas*.

1013. El gas hidrógeno sulfurado tiene mucha analogía con el gas hidrógeno fosforado, y no se diferencia de este último sino por la naturaleza del cuerpo combustible que el gas hidrógeno tiene en suspension. Siendo el fósforo mucho mas combustible que el azufre, basta el contacto del aire atmosférico para inflamarle, y su inflamacion se comunica fácilmente al gas hidrógeno calentado ya por la combustion del fósforo. En el gas hidrógeno sulfurado, al contrario, el gas hidrógeno no se inflama sino por la presencia de un cuerpo en ignicion, y el azufre que no se halla bastante caliente se separa de él sin quemarse.

§ IV.

Del gas hidrógeno carbonado.

1014. Si se espone una campana llena de gas hidrógeno y que contenga carbon á la actividad de los rayos solares, el carbon se disipa, el gas hidrógeno disminuye de volúmen y se obtiene el *gas hidrógeno carbonado.*

Por esta propiedad que tiene el gas hidrógeno de disolver al carbon, sucede que se obtiene gas hidrógeno carbonado todas las veces que el gas hidrógeno se separa de materias que contengan carbon dividido: de aqui procede que las descomposiciones de sustancias vejetales y animales, sea que se hagan rápidamente por medio del fuego, ó que se efectúen lentamente en el fondo de aguas encharcadas, dan lugar á la separacion de este gas.

Segun lo que se acaba de decir es claro; 1.° que el gas hidrógeno carbonado es abundante en la naturaleza; 2.° que hay diferentes especies de este gas, segun la mayor ó menor cantidad de carbon que tenga en disolucion. El que se separa de las aguas encharcadas, de las letrinas, albañales; el que sale de las minas de carbon de piedra; los que da la destilacion de aceites y de cualesquiera materias vejetales en diferentes temperaturas etc. etc., estos gases inflamables son gas hidrógeno carbonado, que forma tantas especies diferentes, cuantas son las diferentes proporciones de los principios de que se compone.

El gas hidrógeno carbonado sea cual fuere su especie parece gozar de las siguientes propiedades.

1.° Es mas pesado que el gas hidrógeno puro.

2.° Tiene un olor fétido tanto mayor cuanta mayor cantidad de carbon tenga en disolucion.

3.° Apaga los cuerpos inflamados.

4.° Hace caer en una mas profunda asfigia á los animales que el gas hidrógeno puro.

5.° Arde con menor actividad que el gas hidrógeno puro.

6.° Su llama es roja ó blanca segun la actividad de la combustion.

7.° Depone á menudo carbon que es fácil reconocer en el color.

Se hace la analísis exacta del gas hidrógeno carbonado encerrándole dentro el eudiómetro de *Volta*, y da siempre, quemando mas ó menos ácido formado por el oxígeno y el carbon.

§ V.

Del gas hidrógeno oxi-carbonado.

1015. Este fluido aeriforme se compone segun *M. Berthollet* de oxígeno de carbon, y de hidrógeno todo fluidificado por el calórico. Algunos químicos pretenden que está compuesto esclusivamente de carbon, y de oxígeno en cantidad insuficiente para darle la acidez. De aqui viene que le llaman *gas oxide de carbon.*

Hay diferencias entre el gas hidrógeno carbonado y el gas hidrógeno oxi-carbonado que no permiten confundirlos.

1.° El gas hidrógeno oxi-carbonado es mucho menos combustible.

2.° Exige una cantidad de oxígeno mucho menor.

3.° Quema dando una llama azul aunque esta propiedad no debe ser mirada como constante.

4.° Da mucha menos agua en su combustion, y algunas veces no da cantidad sensible.

5.° Tiene generalmente una gravedad específica mayor.

1016. Para conocer la naturaleza de este fluido aeriforme importa examinar con cuidado las principales circunstancias que acompañan su formacion.

Primer esperimento. Se hacen detonar cuatro partes de gas oleoso con tres partes de gas oxígeno, y en lugar de una disminucion de volúmen, se observa al contrario una dilatacion; las siete medidas ocupan el lugar de once y se hace en el eudiómetro un depósito carbonoso. Si se somete á la detonacion este nuevo gas con una conveniente proporcion de oxígeno; su analísis hace ver que se compone de carbon que existia en una cantidad

correspondiente del gas primitivo, hecha abstraccion de la pequeña porcion que ha formado el depósito carbonoso, de su hidrógeno, esceptuada una muy pequeña parte que ha producido agua, y el oxígeno empleado en la primera detonacion, menos la pequeña cantidad que ha entrado en la composicion del agua.

Segundo esperimento. Si se hacen detonar cuatro partes de gas hidrógeno carbonado procedente de la destilacion de un aceite, en que el carbon esté en mucha mayor proporcion, con tres partes de gas oxígeno, se observa una dilatacion como en el esperimento precedente; pero en este caso se forma un poco de ácido carbónico, al paso que la detonacion del gas oleificante ha producido una pequeña cantidad de agua. La naturaleza del aire dilatado es sin embargo siempre la misma, pues que la análisis hace ver que está compuesto de oxígeno, de hidrógeno y de carbon. *Cruickshank* habia observado, antes que *M. Berthollet*, esta destilacion y descrito efectos poco diferentes.

Estos dos esperimentos concurren á probar la existencia de una especie de gas inflamable que se compone de oxígeno, de carbon é hidrógeno, que por consiguiente es un verdadero hidrógeno oxi-carburado.

1017. Este gas puede recibir proporciones muy diferentes de sus tres elementos; porque la análisis del gas dilatado del primer esperimento da una diferencia muy considerable comparada con la del segundo. Sucede pues, bajo este respecto, al hidrógeno oxi-carburado lo mismo que al carburado, que recibe en su composicion proporciones muy variables de hidrógeno y de carbon.

Parece tambien por los esperimentos que se han descrito, que es efecto del gas oxígeno aumentar el volúmen de la combinacion gaseosa en que entra en parte. Se podria atribuir esta propiedad al carbon. Para destruir esta pretension basta notar que el carbon es naturalmente uno de los cuerpos mas fijos, al paso que el gas oxígeno tiene una grande disposicion á la elasticidad.

§ VI.

Del gas oleoso ú oleificante.

1018. Los químicos holandeses han obtenido gas hidrógeno carburado, destilando cuatro partes de ácido sulfúrico y una de alcohol, y han reconocido en este gas propiedades por las que se le ha llamado *gas oleoso*. Su gravedad específica combinada con los productos de la detonacion, hace ver que contiene cerca de un grano 560 de carbon y 0,520 de hidrógeno. Entre las diferentes especies de este gas hidrógeno carburado este es el que contiene las mayores proporciones de sus dos elementos.

Si se comprime este gas dentro un tubo rojo, se hace sobre el tubo un depósito carbonoso y de un poco de aceite negro, y pasa al recipiente un humo carbonoso, pero nada de ácido carbónico: en esta operacion el gas esperimenta una ligera dilatacion, y se halla que no está compuesto mas que de 0,572 de carbon, y de 0,312 de hidrógeno, de modo que ha adquirido una grande ligereza específica.

LIBRO OCTAVO.

DE LOS ÁCIDOS.

CAPÍTULO PRIMERO.

DE LOS ÁCIDOS EN GENERAL.

1019. Llámase ácido todo cuerpo que incita en el órgano del gusto un sabor agrio y picante (1), que pone rojos los colores azules vejetales, y que produce efervescencia con los álcalis. Cualquiera de estas propiedades aislada no demostraria la existencia de un ácido; pero cuando estan reunidas nos manifiestan su presencia.

1020. Por poco que se reflexione sobre las propiedades por las que se reconoce un ácido, es fácil ver que emanan de aquella fuerza atractiva que anima las mas pequeñas partículas de la materia cuando estan en contacto.

1021. El sabor agrio y picante no es otra cosa que una viva accion ejercida sobre el órgano del gusto, lo que anuncia que el ácido tiende á ampararse por la combinacion, de las partes del cuerpo con que está en contacto, y esta tendencia á la combinacion es producida por la fuerza atractiva.

1022. El ponerse rojos los colores azules vejetales reconoce

(1) *La voz* sabor *significa una impresion sobre los nervios, por el cuerpo sabroso. Se llama* cáustico *cuando continuando su accion desorganiza enteramente el tegido de la piel y hace esperimentar un dolor vivo.*

por causa la atraccion que el ácido y la materia colorante ejercen recíprocamente el uno sobre el otro, y nadie ignora que es propio de los cuerpos compuestos adquirir propiedades, que no tienen las sustancias componentes. La propiedad adquirida es pues en este caso la de reflejar diferentemente el lumínico. El color azul no es destruido, ó alomenos no lo es sino por la combinacion; asi es que se le ve aparecer de nuevo desde el momento que el ácido lo abandona, sea que este abandono lo determine la grande volatilidad del ácido, lo que tiene lugar con el ácido carbónico; sea que el ácido ceda á la atraccion de otro cuerpo que le atraiga mas fuertemente, lo que tiene lugar cuando se satura el ácido por el álcali. Añádase que todos los colores azules vejetales no son alterados por todos los ácidos. La tintura de tornasol es la única sobre la que el ácido carbónico obre de un modo sensible. El ácido nitroso no pone rojo el papel azul que cubre los panes de azúcar, y el indigo resiste fuertemente á la accion del ácido sulfúrico concentrado.

1023. La efervescencia con los álcalis consiste en la separacion de un ácido aeriforme, cuando se hace la mezcla de un álcali con un ácido; pero á mas de que el ácido carbónico y todos los ácidos débiles no pueden ser reconocidos por esta propiedad, los álcalis y las tierras cáusticas se unen siempre á los ácidos pacíficamente y sin efervescencia. No es pues un indicio cierto de la presencia de un ácido; y cuando tiene lugar es siempre determinada por la atraccion que el ácido ejerce sobre el álcali que se le presenta, y necesita el abandono que hace el álcali del ácido aeriforme que estaba á él unido.

1024. Aqui se presenta naturalmente la cuestion, á saber, cual es en general la naturaleza de los ácidos. Para este objeto remitimos nuestros lectores al número 900 de esta obra en el que se ha indagado la naturaleza del gas oxígeno.

1025. No se hablará mas que de los ácidos minerales, y particularmente de los que por su forma gaseosa entran en el dominio de la física. El exámen de los ácidos vejetales y animales pertenece esclusivamente á la química. Antes de entrar en mate-

ria, conviene describir un instrumento inventado por *Wolf* que sirve para la fabricacion de la mayor parte de los ácidos.

Este consiste principalmente en adaptar la estremidad de un tubo hueco y recorvado en el orificio de un recipiente, al paso que el otro estremo se sumerje en el agua de un frasco medio lleno de ella, que se pone á su lado. De la parte vacia de este mismo frasco sale un segundo tubo que va á sumerjirse en el agua de un segundo frasco. Se pueden añadir asi muchos siguiendo el mismo órden, y tomando la precaucion de dejar el último abierto para dar á los vapores libre y fácil salida. Se enlodan las junturas del aparato con un lodo que se prepara de cal viva muy fina mezclada con clara de huevo. Se bate esta mezcla para facilitar la combinacion y se pone con mucha prisa sobre pedazos de lienzo viejo que se aplican á las junturas.

CAPÍTULO II.

DEL ÁCIDO CARBÓNICO.

1026. El ácido carbónico es un fluido aeriforme mefítico y ácido, muy abundante en la naturaleza. Los ingleses le llaman *aire fijo*, *Beuwli* ácido *mefítico*, *Bergman* ácido *aéreo*, *Buquet* ácido *gredoso*. Se verá hablando de la naturaleza de este ácido aeriforme que el nombre de ácido carbónico le conviene mejor que los demas.

1027. Se halla el ácido carbónico bajo la forma de gas en algunas cavidades, subterráneas tales como las tumbas, las cabernas, los pozos, las grutas etc. Las aguas minerales retienen este ácido en un estado de mezcla, pues que se halla en ellas con todas sus propiedades ácidas. Existe en un estado de combinacion en las sustancias calcáreas, en los álcalis y en un grande número de cuerpos naturales. La fermentacion del mosto y de la cerveza producen separacion de esta sustancia gaseosa. La combustion de los carbones y la respiracion de los animales producen tambien una cantidad considerable de este gas: en fin todas las partes de

las plantas y sobre todo las hojas sumerjidas en la sombra le transpiran sin cesar.

1028. Es fácil recoger el ácido carbónico cuando existe bajo forma gaseosa. Se llena á este efecto una botella de agua; se la vacía en una atmósfera de este gas el que pasa á ocupar el lugar del agua, se cierra despues la botella para impedir su evasion.

1029. El gas ácido carbónico se halla en estado de simple mezcla en las aguas minerales, en los vinos espumosos, etc. Puede obtenerse, 1.° por la agitacion del líquido que le contiene, 2.° por el calor que favorece mucho la separacion de este gas. El contacto del aire produce con tanta mayor prontitud el mismo efecto, cuanto su temperatura es mas elevada. Asi para conservar las aguas minerales, los vinos espumosos etc. es menester encerrarlos en vasos bien tapados espuestos al frio y tenerlos fuertemente comprimidos.

1030. Cuando el gas ácido carbónico se halla en estado de combinacion como en la greda etc., se obtiene fácilmente por la reaccion de otros ácidos. Se mezcla por ejemplo greda en polvo con cierta cantidad de ácido sulfúrico. Sucede una pronta efervescencia. La greda se descompone en sus principios constitutivos. La cal que es uno de ellos se combina con el ácido sulfúrico para formar sulfate de cal, al paso que el ácido carbónico, otra parte constitutiva de la greda, se une al calórico y se separa bajo la forma de gas. Se recoge en campanas dispuestas para recibirle sobre la cubeta del aparato neumato-químico.

1031. El gas ácido carbónico es invisible, elástico, inodoro etc. Es pesado y su pesadez es á corta diferencia doble de la del aire atmosférico. Esta pesadez hace que pueda trasvasarse de un vaso á otro como los fluidos y que salga por la llave de una cuba despues del vino.

1032. Este fluido aeriforme es verdaderamente ácido. Todos los físicos estan en el dia perfectamente de acuerdo en este punto. Asi no haré mas que indicar los fenómenos que establecen su acidez.

1.° Este gas es constantemente el mismo sea que se separe por

el fuego sin ácido, sea que se separe por los ácidos sin fuego: por lo que no saca de estos agentes las propiedades que nos conducen á juzgarle esencialmente ácido.

2.° Pone roja la infusion de tornasol, y esta alteracion se desvanece á medida que el gas se disipa.

3.° Neutraliza los álcalis.

4.° Precipita el agua de cal.

1033. El gas ácido carbónico no es propio para alimentar la combustion.

Primer esperimento. Tómense tres tubos de vidrio de una cierta altura; llénese el primero de aire atmosférico, el segundo de gas ácido carbónico, el tercero de gas oxígeno. Estando todo asi dispuesto sumérjase sucesivamente y con prontitud una vela encendida en estos tres tubos empezando por el que está lleno de aire comun, despues por el de ácido carbónico, y en fin por el que contiene el gas oxígeno. En el tubo lleno de aire atmosférico la vela arde con resplandor ordinario; se apaga en el que está lleno de gas ácido carbónico, y se vuelve á encender en el que contiene gas oxígeno difundiendo una claridad que deslumbra. Si se vuelve á empezar la operacion siguiendo el órden indicado para la inmersion de la bugía, se obtiene siempre el mismo efecto hasta tanto que el gas oxígeno sea del todo consumido.

Este esperimento ofrece al mismo tiempo un espectáculo agradable, la confirmacion de una verdad ya establecida, es á saber, que el gas oxígeno es mucho mas propio para la combustion que el aire atmosférico, y en fin la prueba mas completa de que los cuerpos inflamados no pueden quemar en atmósfera de gas ácido carbónico.

1034. El gas ácido carbónico es nocivo á la respiracion.

Existe cerca de Nápoles una gruta conocida bajo el nombre de gruta del perro, que está llena de este fluido aeriforme. Dos criminales, á quienes Pedro de Toledo hizo encerrar, perecieron en ella súbitamente. Tiberio hizo bajar dos esclavos los que esperimentaron la misma suerte. A *Pilatre* de *Rosier* le faltó poco para no ser la víctima de su atrevimiento y temeridad. Se hizo ba-

jar en una masa de gas ácido carbónico que habia en una cuba de cerveza en fermentacion. Apenas entró en esta atmósfera cuando sintió ligeras punzadas que le obligaron á cerrar los ojos y una sufocacion violenta que le impidió de respirar. Esperimentó en esta situacion todos los síntomas de una próxima apoplejía que aun despues de haber salido al aire atmosférico le duraron por algun tiempo.

Todos estos hechos prueban convencionalmente que el gas ácido carbónico es nocivo para la respiracion. Puede uno convencerse tambien de esta verdad por el siguiente esperimento.

Segundo esperimento. Despues de haber llenado un tubo de vidrio de gas ácido carbónico, enciérrese en él una avecilla ó un animal cualquiera. Desde el instante que la avecilla está sumerjida en la atmósfera de este gas se la ve respirar con pena, abrir el pico, esperimentar convulsiones violentas, y perecer si no se le da pronto socorro. Este esperimento evidencia los dañosos efectos del gas ácido carbónico, pues que los animales que le respiran son sofocados si no son socorridos á tiempo. ¿Pero cuál será el remedio mas pronto y conveniente en semejantes circunstancias? La solucion de este problema se refiere á un esperimento que se hizo en la academia de ciencias el 10 de mayo de 1777, en presencia del emperador. *Lavoisier* repitió algunos esperimentos del *Dr. Priestley* sobre el gas ácido carbónico. Puso una avecilla en un vaso de vidrio en el que, apenas vertió gas ácido carbónico, que se vió el ave agitarse y perder en apariencia toda afeccion de vida. *Lavoisier* retiró la avecilla del vaso que la encerraba y la presentó por muerta al emperador. *Sage* se amparó del pretendido difunto y le sumerjió el pico en el amoniaco líquido que tenia en la palma de su mano. La avecilla dió al instante algunas señales de vida, pero pronto volvió á su primer estado: se puso nueva dósis de amoniaco y vino nueva resurreccion. La naturaleza mejor ausiliada en esta segunda aplicacion del amoniaco, tomó toda su energía. La avecilla se puso sobre sus patas, marchó, batió las alas y voló.

1035. La propiedad que tiene el gas ácido carbónico de matar

prontamente á los animales que le respiran, debe sufrir alguna ligera restriccion relativamente á los insectos. *Priestley* observó: 1.° que las ranas sumerjidas en una atmósfera de este gas viven en él 40 ó 60 minutos suspendiendo la respiracion; 2.° que los insectos engordan despues de algun tiempo de estar en él; pero que se ponen alegres desde el momento que se les espone al aire atmosférico.

1036. El gas ácido carbónico daña con mucha prontitud á los vejetales que estan sumerjidos en él. 1.° Los renuevos de mente acuática colocados encima de un licor fermentado mueren en un dia ó aun en menor tiempo, y no toman mas su primera lozanía cuando despues se les coloca en aire comun. 2.° *Priestley* esperimentó varias veces que una rosa recien cogida pierde su color y toma un rojo purpúreo despues de haber estado en gas ácido carbónico por espacio de cerca 24 horas. Las estremidades de las hojas se afectan mas que el resto.

1037. Esta sustancia gaseosa se disuelve en el agua, pero con lentitud. Agitando estos dos fluidos y multiplicando de un modo cualquiera su contacto, se unen y forman un licor acídulo que *Bergman* llamó *agua aireada*. El agua disuelve una cantidad de gas ácido carbónico tanto mayor cuanto mas fria es. Pero esta saturacion tiene un término, y el agua mas fria parece no poder absorver mas que un volúmen igual al suyo bajo la presion media de la atmósfera.

1038. *Priestley*, *Noot*, *Parker*, *Magellan*, *Chaulnas* etc. se ocuparon casi al mismo tiempo en hallar un medio simple y fácil de impregnar el agua de toda la cantidad de gas ácido carbónico que pueda disolver; pero sus aparatos, en el dia demasiado conocidos para que sea de alguna utilidad el dar su descripcion, no pueden servir mas que para hacer absorver al agua un volúmen de ácido carbónico igual al suyo, al paso que las necesidades de la sociedad exigian la invencion de un método propio para imitar la naturaleza en la fabricacion de las aguas de Seltz, Spa etc. que contienen desde dos hasta cinco veces su volúmen de ácido carbónico. La propiedad que tiene el gas ácido

carbónico de disolverse en el agua proporcional á la presion, inspiró á *MM. Paul y Gosse* de Génova la idea de adaptar una bomba de compresion á un aparato hidro-neumático para favorecer la absorcion del ácido carbónico, y pronto llegaron á fabricar aguas gaseosas que contenian tres ó cuatro veces su volúmen de ácido carbónico. Es probablemente, siguiendo este método, que se preparan despues de mas de diez años en Tivoli, aguas minerales facticias que tienen la mejor semejanza con las aguas minerales naturales. El aparato empleado para esta preparacion tiene dimensiones demasiado grandes para que pueda servir para usos domésticos. *M. Planche* hábil farmacéutico de Paris se ha ocupado con suceso en simplificarlo, ó mas bien en sustituirle una máquina portatil, la que no se diferencia de la fuente de compresion, sino en que en esta se injecta una grande cantidad de aire comun en lo interior del vaso, cuando en el aparato de *M. Planche* el gas ácido carbónico está sustituido con destreza al aire atmosférico.

1039. El agua saturada de gas ácido carbónico no se diferencia de las aguas minerales naturales sino por otros principios que estas tienen en disolucion. Estas se pueden imitar cuando su análisis es bien conocida. El gas ácido de que un agua cualquiera esté impregnada, la dispone á recibir los demas principios que deban entrar en su composicion. Disolverá perfectamente la cantidad de sal que le convenga; y si ademas de esta sal ha de contener algun principio ferruginoso no hay duda que lo tomará hasta su saturacion; parece tambien que la propiedad de disolver al hierro pertenece esclusivamente al agua saturada de gas ácido carbónico. Para convencerse de esto se meten iguales cantidades de limaduras de hierro en dos vasos diferentes: se echa agua destilada y en la misma cantidad en uno y otro vaso con sola la diferencia, que la una de las dos esté saturada de gas ácido carbónico. Se dejan las cosas en este estado durante un cierto tiempo; se filtran despues estas dos aguas al traves de papel de estrasa; se ve que son tan limpias y claras la una como la otra, pero en la que está saturada de gas ácido carbónico se halla un gusto

ferruginoso que no se descubre en la otra. Si se echan en una y otra agua algunas gotas de infusion de agallas ó bien un polvo de las mismas agallas pulverizadas, se ve que la primera toma un color violeta que en poco tiempo degenera y pasa á negro, lo que no sucede al agua pura destilada aunque por igual tiempo haya estado mezclada con hierro.

1040. El gas ácido carbónico es favorable ó nocivo á la vejetacion segun las circunstancias. Es nocivo cuando el vejetal está sumerjido en una atmósfera de este gas. Es saludable cuando el agua saturada de este gas es aplicada á las raices de las plantas. El ácido carbónico se descompone por la influencia de los rayos solares los que se amparan del oxígeno, mientras que el carbon pasa á ser uno de los principios constitutivos del vejetal.

1041. El *Dr. Machride* reconoció que el gas ácido carbónico tenia la propiedad de conservar las sustancias animales y de retardar la putrefaccion. Este físico colocó un pedazo de carne corrompida en una atmósfera de gas ácido carbónico, la que al cabo de algun tiempo de estar en este fluido aeriforme se volvió firme y fresca.

Este esperimento que es fácil repetirlo nada tiene de estraño, si se atiende á que las sustancias animales no se corrompen sino combinándose con el oxígeno y que por consiguiente la presencia del gas oxígeno ó á lo menos de una sustancia capaz de administrar el oxígeno, tal como el agua por ejemplo, es necesaria para su putrefaccion. El *Dr. Machride* piensa que el detener los progresos de la putrefaccion de las sustancias animales rodeándolas de gas ácido carbónico, es porque este gas se opone á la separacion del gas ácido carbónico que ellas desprenden en el acto de su putrefaccion. Sea cual fuere la causa de este fenómeno, no por esto es menos cierto que sea verdadero, y que pueda conducir á resultados útiles á la humanidad.

1042. Si el gas ácido carbónico detiene los progresos de la putrefaccion, si se hace retroceder su marcha, ¿ cuánto se podrá esperar de este remedio, cuando ausiliado de los efectos de la na-

turaleza se aplicará inmediatamente al cuerpo viviente atacado de una enfermedad pútrida?

Hei es el primero que se ha servido de esta ventaja. Animado por el resultado de los esperimentos consignados en la obra de *Machride* y por las justas reflexiones del *Dr. Priestley*, se determinó á administrar por lavativas el gas ácido carbónico á un enfermo devorado de una fiebre pútrida y muy refractaria, la que habia resistido hasta esta época á los remedios empleados ordinariamente en casos de semejante naturaleza. Aun hizo mas, mezcló gas ácido carbónico con la bebida del enfermo, y al ausilio de este solo remedio tuvo el gusto de ver desaparecer en pocos dias todos los síntomas de esta perniciosa enfermedad. El gas ácido carbónico ha sido despues empleado por diferentes médicos en casos de igual naturaleza, y una pronta curacion ha casi siempre justificado su uso.

Se aplica tambien con suceso este gas en enfermedades cancerosas. El *Dr. Percival*, dando cuenta en 1774 de los efectos medicinales del gas ácido carbónico, decia que este ácido produjo efectos admirables en un cáncer que habia constantemente resistido á las cataplasmas de zanahorias, suavizó la sanies corrosiva, apaciguó los dolores y facilitó la formacion del pus. Esta observacion está apoyada por otra del mismo género que fue comunicada en 1776 á la academia de las ciencias de Paris. Esta confirma la particular eficacia del gas ácido carbónico para disipar los molestos accidentes de esta cruel enfermedad. Añádese á todos estos testimonios el de *Magellan*, que justifica semejantes curaciones. Este escribió en 1777 (1), que recientemente se habia aplicado el gas ácido carbónico á un cáncer abierto de 16 pulgadas, medida inglesa segun su mayor diámetro: estaba cubierto de una sanies purulenta y fétida, que movia dolores insoportables al enfermo, y en el espacio de ocho horas el gas ácido carbónico hizo cesar los

---

(1) *Su carta está consignada en el* Jornal de física *cuaderno de agosto de 1777.*

dolores, destruyó la sanies y el mal olor, y redujo las dimensiones de la llaga á cuatro pulgadas de diámetro.

1043. El gas ácido carbónico es tambien mirado como un verdadero disolvente de las piedras que se forman en la vejiga. *Hulme* creyó haber disuelto una procurando la separacion de este ácido aeriforme en las primeras vias, por la bebida sucesiva de una disolucion alcalina y de un ácido muy dilatado. La salida de muchos fragmentos de esta piedra y la disminucion de los dolores que esperimentaba el enfermo decidieron su opinion. Estas felices y multiplicadas aplicaciones del gas ácido carbónico son hechas para interesar al género humano y particularmente para fijar la atencion de los que consagran su vida y talento al alivio de la humanidad doliente.

Despues de haber manifestado con bastante estension las principales propiedades que distinguen el gas ácido carbónico conviene indagar su naturaleza.

1044. Los físicos estaban divididos poco tiempo hace sobre esta importante cuestion. Unos pensaban que el gas ácido carbónico estaba compuesto de gas hidrógeno ó aire inflamable y de gas oxígeno ó aire vital. Otros sostienen que este ácido aeriforme resulta de la combinacion del carbon con el gas oxígeno. Esta última opinion parece apoyada sobre esperimentos los mas propios para decidir la preferencia á su favor.

Tercer esperimento. Introdúzcase un carbon encendido en un frasco lleno de gas oxígeno; ciérrese despues con prontitud la boca. El carbon arde con mucha actividad y acaba por estinguirse. Resulta de esta combustion una produccion de gas ácido carbónico, del que puede uno ampararse introduciendo en el frasco potasa cáustica, la que tiene la propiedad de neutralizar á este ácido aeriforme. Lo que queda es una pequeña cantidad de gas oxígeno que puede convertirse en gas ácido carbónico tratándole del mismo modo.

En este esperimento no se ve mas que carbon y gas oxígeno. Es pues natural deducir que el gas ácido carbónico que se ha formado resulta de la combinacion recíproca de estas dos sustan-

cias. ¿ Pero cómo se hace esta combinacion ? En una alta temperatura el carbon tiene mayor afinidad con el oxígeno, que el oxígeno con el calórico : por lo que el gas oxígeno que le sirve de base se combina con el carbon y una porcion de calórico para formar el gas ácido carbónico, cuando lo demas del calórico, otro principio del gas oxígeno, se separa dando calor y luz al tomar el estado de libertad.

No se debe estrañar que sola una parte de calórico resultante de la descomposicion del gas oxígeno sea empleada para la formacion del gas ácido carbónico. La mucha gravedad específica de este ácido nos prueba en efecto que para obtener la fluidez aeriforme no necesita tanta cantidad de calórico como el gas oxígeno.

1045. La esplicacion que se acaba de dar es tan simple y natural que parece no se le puede oponer la mas ligera contradiccion. No obstante algunos químicos se han presentado para combatirla ; pero las dificultades que presenta no parecen tener la menor solidez. El gas ácido carbónico que resulta de la combustion del carbon en el gas oxígeno es formado, dicen, por la combinacion del gas hidrógeno que da el carbon en ignicion dentro del gas oxígeno. El esperimento siguiente disipará estas dudas y justificará nuestra esplicacion.

Cuarto esperimento. Se llena una campana de gas oxígeno ; se pone encima del mercurio, sobre el que descansa la campana, una cantidad determinada de carbon privado de todo gas hidrógeno por una calcinacion anterior en vasos cerrados. Sin esta precaucion se obtendrian gotas de agua que alterarian la exactitud de los resultados. Se coloca encima del carbon como un cuarto de grano de yesca sobre el que se pone un átomo de fósforo ; en seguida se hace pasar un hierro rojo encorvado al traves del mercurio para encender el fósforo. El fósforo se enciende, pega fuego á la yesca la que lo comunica al carbon. La inflamacion es muy rápida y acompañada de mucha luz. El gas ácido carbónico se forma y se fija introduciendo potasa cáustica en la campana la que le absorve prontamente. Queda despues de esta absorcion una

pequeña porcion de gas oxigeno tan puro como en el principio del esperimento.

El gas ácido carbónico en este esperimento se produce como en el precedente. El carbon ha sido despojado de todo gas hidrógeno por una calcinacion preliminar con que se ha preparado. El gas hidrógeno pues del carbon no ha podido contribuir, en el otro esperimento, á la formacion del gas ácido carbónico; de que resulta evidentemente que este ácido aeriforme ha sido producido por la combinacion del carbon puro con el gas oxígeno. Si esta consecuencia pudiese parecer equívoca, pésese con exactitud, por una parte el carbon y el gas oxígeno empleado, y por la otra el gas ácido carbónico producido, y se verá que el ácido aeriforme tiene un peso exactamente igual á la suma de pesos de carbon y del oxigeno que han servido para formarle. Por este medio *Lavoisier* halló que son menester 72 partes de oxígeno en peso para saturar 28 de carbon.

1046. No se diga que es fácil obtener gas ácido carbónico haciendo quemar gas hidrógeno. Si esto sucede alguna vez es porque el gas hidrógeno empleado tiene carbon en disolucion. Puédese tambien, como se ha dicho, disolver el carbon en el gas hidrógeno esponiéndole en el foco de un espejo ustorio en el aparato de mercurio debajo una campana llena de este fluido aeriforme. El gas hidrógeno estraido de una mezcla de ácido sulfúrico y hierro, tiene mas ó menos carbon en disolucion, porque el hierro contiene siempre alguna cantidad de esta sustancia. No debe pues sorprendernos que *Landriani* haya obtenido gas ácido carbónico escitando la chispa eléctrica dentro de gas oxígeno por medio de un conductor de hierro.

1047. A estas pruebas sintéticas de la composicion del ácido carbónico se unen las pruebas analíticas que nada tienen de equívoco.

1.º Si se hace pasar una corriente de chispas eléctricas al traves de una dada cantidad de gas ácido carbónico colocado sobre el mercurio, el gas se descompone en oxígeno y en gas oxi-carbonoso. Se absorve por medio de una solucion de potasa el ácido que no ha sufrido descomposicion, y se hace pasar la chispa

eléctrica; el residuo se inflama, el oxígeno y el óxide carbonoso se unen para volver á componer el ácido carbónico.

2.° Cuando la chispa eléctrica atraviesa una mezcla de gas ácido carbónico y de hidrógeno, este quita al ácido una porcion de oxígeno y le hace pasar al estado de óxide carbonoso.

3.° Segun los esperimentos de *M. Davi*, el potasium se inflama en el ácido carbónico por el ausilio del calor. Una parte del metal se oxida y la otra parte se une con el carbon que es precipitado.

4.° En fin *Tennant* de la sociedad Real de Lóndres ha imaginado un medio ingenioso de efectuar la descomposicion del ácido carbónico: esta se hace como sigue:

Quinto esperimento. Se toma un tubo de vidrio, cerrado por un estremo y cubierto de arcilla y arena para evitar la accion súbita del calórico; se introduce despues un poco de fósforo y en seguida una pequeña cantidad de mármol en polvo, (el esperimento sale mas pronto si el mármol está ligeramente calcinado): introducidas las sustancias en el tubo se cierra casi enteramente á fin de impedir que la circulacion del aire inflame el fósforo, y que el aire calentado en el tubo pueda salir de él. Se espone el tubo á un fuego pronto y violento: despues que el tubo ha permanecido rojo por algunos minutos se aparta del fuego, se deja enfriar y se rompe.

Este tubo contiene un polvo negro compuesto de carbon mezclado con fosfate de cal y con fósforo unido á la cal (fosfure de cal): el fosfate de cal puede ser descompuesto por la disolucion en un ácido y la filtracion, y el fósforo separado por la sublimacion, la que se diferencia de la evaporacion en que la sustancia que se volatiliza es sólida. El carbon asi obtenido del ácido carbónico salido del mármol, en nada parece diferenciarse del carbon de los vejetales: haciendo quemar una pequeña porcion de este carbon en una retorta con nitro se obtiene nuevo ácido carbónico.

Se sabe mucho tiempo hace que el ácido fosfórico combinado con la cal no puede ser descompuesto por la dilatacion con el

carbon; porque aunque el oxígeno sea atraido con mas fuerza por el carbon que por el fósforo, es no obstante retenido en el compuesto por dos atracciones, por la que tiene con el fósforo, y por la del ácido fosfórico por la cal, de modo que el oxígeno no puede ser separado sino venciéndose estas dos atracciones. Siendo estas atracciones mas poderosas que la que tiene el carbon por el oxígeno, si el fósforo está mezclado con el ácido carbónico y la cal combinada, como sucede en este esperimento, debe resultar la descomposicion del ácido carbónico. El oxígeno debe unirse al fósforo para formar fosfate de cal, y el carbon debe quedar puro.

1048. Esplicando los fenómenos que presenta este esperimento por la descomposicion del ácido carbónico que se halla en el mármol se ven dificultades, porque no se compara la cantidad de ácido carbónico que ha desaparecido con la de carbon y oxígeno recogidos. Para obviar este inconveniente, *Pearson* propone en una memoria impresa en el *Jornal de física*, cuaderno de noviembre de 1792, un nuevo modo de descomponer el ácido carbónico.

Sexto esperimento. Póngase carbonate de potasa con fósforo á la accion de un fuego bastante fuerte para poner roja la mezcla.

Despues del esperimento el carbon se halla libre ó mezclado con el fósforo de la potasa. La cantidad de carbon y de oxígeno que se obtiene siendo á corta diferencia igual á la del ácido carbónico que desaparece, no puede quedar duda alguna sobre la descomposicion de este ácido.

CAPÍTULO III.

DEL ÁCIDO SULFÚRICO.

1049. Si se combina azufre (1) con oxígeno, hasta el termi-

---

(1) M. Davi *ha probado la presencia del hidrógeno en el azufre, el que por consiguiente no puede ser mas mirado como una sustancia elemental.*

Este químico piensa que el oxígeno es otro elemento del

no de la saturacion, al compuesto que resulta se le da el nombre de *ácido sulfúrico*.

1050. 1.° Se estrae por medio de la destilacion (1) de los sulfates de hierro, de cobre ó de zinc. Estos procederes son muy dispendiosos, de una ejecucion poco fácil, y el ácido que resulta es siempre mas impuro.

1051. 2.° Puede obtenerse el ácido sulfúrico combinando el azufre con el oxígeno ó concreto ó aeriforme.

1052. Al principio se efectuaba la combustion del azufre por el gas oxígeno en grandes globos de vidrio á los que despues se han sustituido grandes cámaras de madera cubiertas de plomo: se favorece la combustion mezclando como una octava parte de nitrate de potasa con el azufre. Los vapores ácidos que llenan la cámara se precipitan sobre sus paredes, y se facilita su condensacion por una capa de agua colocada en el fondo de la cámara. Cuando el agua está suficientemente impregnada de ácido, se concentra en calderas de plomo y se rectifica en retortas de vidrio para limpiarla y ponerla en el grado del comercio. Este ácido debidamente concentrado, señala 66 grados en el areométro de *Beaume.*

1053. Cuando se presenta el oxígeno concreto está unido con otras sustancias á las que abandona para combinarse con el azufre. Asi es que se obtiene ácido sulfúrico destilando el ácido nítrico sobre el azufre: 1464 gramos (48 onzas) de este ácido á 36 grados destilado sobre 60 gramos (cerca 2 onzas) de azufre, dan 120 gramos (cerca 4 onzas) de buen ácido sulfúrico.

1054. La naturaleza nos presenta casi siempre el ácido sulfúrico combinado con diferentes sustancias: no se ha hallado aun

---

azufre. La naturaleza y los límites de esta obra no permiten entrar en los pormenores de los esperimentos en que se funda esta opinion.

(1) *Se llama* destilacion *una operacion por la que se procuran separar por medio del fuego los diversos principios de los cuerpos segun las leyes de su gravedad y atraccion.*

aislado sino en las cercanias de Sienne y de Viterba, cerca de los baños de san Filipo en Italia, encima de algunas aguas minerales sulfurosas y en algunos lugares volcanizados, lo que parece indicar que resulta de la combustion del azufre.

1055. El ácido sulfúrico es susceptible de pasar al estado concreto por el abandono del calórico y aun de cristalizarse en prismas de seis lados aplanados terminados por una pirámide exaedra. Obteniéndole bajo esta forma de poliedro regular se ha concluido: 1.° que el ácido muy concentrado cristaliza mas dificilmente que el que señala de 63 á 65 grados; 2.° que el grado de frio conveniente es de uno á tres bajo cero.

1056. El ácido sulfúrico llevado á su estado de pureza se distingue por las propiedades siguientes:

1.° Se presenta bajo la forma de un líquido sin color y sin olor.

2.° Tiene una consistencia oleaginosa, lo que le hace untuoso y pegajoso al tacto. Esta propiedad le habia hecho dar el nombre impropio y algunas veces pérfido de *aceite de vitriolo*. *Mr. Berthollet* de exactos esperimentos dedujo que 100 partes de ácido sulfúrico contienen

43,28	Azufre.
56,72	Oxigeno.
100,00.	

3.° Su gravedad especificá es á la del agua como 1840 es á 1000.

4.° Tiene un sabor tan cáustico que quema y destruye los órganos de los animales.

5.° Se ampara con mucha fuerza de todas las sustancias inflamables las que le ennegrecen y le descomponen.

6.° La luz no le hace sufrir alteracion alguna, la refringe, y este defecto depende de su densidad y de la naturaleza de la sustancia combustible que contiene.

7.° Su capacidad para el calórico es muy débil, lo que no impide que se pueda hacer pasar al estado de vapor.

8.° El gas hidrogeno puesto en contacto con el ácido sulfúrico

en un estado que se aproxime á la ignicion, le descompone: en este caso se forma agua y ácido sulfuroso.

Segun *Mr. Gay-Lusac*, el ácido sulfúrico se descompone en una temperatura muy elevada, y se obtienen dos gases formados de una medida de gas ácido sulfuroso y de otra de oxígeno.

9.° Si se espone al aire ácido sulfúrico concentrado, absorve el agua suspendida ó disuelta en fluido aeriforme hasta aumentar cerca la mitad de su peso, y la absorcion es tanto mas pronta cuanta mas humedad tiene el aire.

10. Existe entre el ácido sulfúrico y el agua una fuerza de atraccion que determina entre estas dos sustancias una union viva y pronta acompañada de circunstàncias bastante notables para fijar la atencion del físico.

Primer esperimento. Se mezclan cuatro partes de ácido sulfúrico concentrado con una parte de hielo á cero. El esperimento hace ver que el hielo pasa con prontitud al estado de liquidez, y que hay un aumento de temperatura que sube hasta 80 grados escala de *Reaumur*.

Segundo esperimento. Se mezclan cuatro partes de hielo á cero con una parte de ácido sulfúrico concentrado. Sucede una disminucion de temperatura que baja hasta 16 ó 18 grados bajo cero.

Para esplicar estos fenómenos que á primera vista parecen contradictorios, importa advertir que la atraccion entre el ácido sulfúrico y el hielo tiene, como todas las demas combinaciones, un término de saturacion que se halla entre cuatro partes de ácido y una parte de hielo: de que resulta que en el primer esperimento las moléculas del hielo y del ácido mezcladas en la justa proporcion que exije su recíproca saturacion, han debido contraer la mas íntima union, y esperimentar una aproximacion muy considerable; lo que ha ocasionado la separacion de una grande cantidad de calórico, y de consiguiente un aumento considerable de temperatura.

En el segundo esperimento el ácido es saturado por una décima sexta parte del hielo mezclado: por lo que se separa una can-

tidad de calórico suficiente para elevar la temperatura de 20 grados sobre cero. Este calórico separado se va de repente como tambien el calórico de los cuerpos que rodean, sobre las otras 15 partes de hielo empleado, las que se tienen para unirse al ácido de la primera décima sexta parte, que se unió de repente. Pero las 15 partes de hielo que sobran para la saturacion del ácido esperimentan evidentemente una menor condensacion, pierden menor calórico, y esta es la razon porque no se tienen mas que 18 grados de enfriamiento, en lugar de 160 grados que da el cálculo para las cuatro partes del hielo unidas á una parte de ácido, suponiendo que se haya separado de estas cuatro partes de hielo la misma cantidad proporcional de calórico que se separa de una sola en el primer esperimento.

1057. La union del ácido sulfúrico con el agua es siempre indicada por una separacion de calórico; la mezcla que mas produce es la de cuatro partes de ácido con una de agua como para el hielo. La temperatura se eleva en este caso hasta ciento veinte grados, y llega casi al doble de la que se produce por el hielo. Algunas moléculas de agua echadas sobre una grande cantidad de ácido pasan súbitamente al estado de vapor elástico.

CAPÍTULO IV.

DEL GAS ÁCIDO SULFUROSO.

1058. Se puede obtener el gas ácido sulfuroso haciendo quemar azufre debajo una grande campana encima de agua, la que se carga de este gas á medida que se forma. Este proceder da muy poco ácido, y á menudo está mezclado con el ácido sulfúrico. Estos inconvenientes unidos á la lentitud de la operacion han hecho preferir la de la descomposicion del ácido sulfúrico por sustancias combustibles, de las que la mayor parte tienen la propiedad de quitar al ácido una parte de su oxígeno y de hacerle pasar asi al estado de ácido sulfuroso.

1059. Todas las sustancias vejetales y animales pueden servir

para este objeto; pero como pueden alterar el gas ácido por muchos vapores y sobre todo por el ácido carbónico que desprenden, se debe preferir una sustancia metálica que jamas tiene este inconveniente.

Esperimento. Se pone una parte de mercurio vivo con dos de ácido sulfúrico concentrado en una retorta de vidrio, cuyo cuello está sumerjido en una cubeta hidrargiro-neumática, debajo una campana llena de mercurio, y se espone la mezcla á un fuerte grado de fuego. Cuando el ácido empieza á hervir se separa un gas permanente que desaloja el mercurio contenido en la campana para ocupar su lugar.

El ácido sulfúrico no es otra cosa que azufre saturado de oxígeno. El mercurio es una sustancia metálica combustible que en alta temperatura tiene alguna atraccion para el oxígeno. Sentado esto ¿qué es lo que sucede en el esperimento que se acaba de describir? El mercurio quita al ácido sulfúrico una parte de su oxígeno, pasa al estado de oxide, y el ácido sulfúrico despojado pasa á ser ácido sulfuroso, el que recibe del calórico, con el que se combina, la fluidez aeriforme: de esto se ve que el gas ácido sulfuroso no es otra cosa que una combinacion de calórico y azufre, con menos oxígeno del que es preciso para formar ácido sulfúrico, ó bien una combinacion de calórico y azufre débilmente acidificado por una porcion de oxígeno. Si quiere uno convencerse de esta verdad; 1.° quítese al gas ácido sulfuroso la porcion de oxígeno que le da la acidez, y el calórico que le da la fluidez aeriforme y se le hará pasar al estado de verdadero azufre; 2.° espóngase el gas ácido sulfuroso al aire atmosférico, la presencia del aire comun le reducirá al estado de ácido sulfúrico. ¿Y cómo podria el aire comun producir esta transformacion sino fuera dando al gas ácido sulfuroso el oxígeno que le falta para pasar á ácido sulfúrico?

1060. El gas ácido sulfuroso es invisible y elástico; exhala un olor dè azufre muy acre y picante. Su gravedad es mas que doble que la del aire atmosférico. La del primero es á la del segundo como 206 es á 100, y á la del agua destilada como 25,3929

es á 10000,0000 : 19816 milímetros cúbicos (una pulgada cúbica) de este gas pesan 50 miligramos (cerca un grano), y 34 decimetros cúbicos (un pie cúbico) pesan 90 gramos (cerca 2 onzas 7 adarmes).

1061. El gas ácido sulfuroso mata prontamente á toda suerte de animales, aun á los insectos.

1062. Estingue súbitamente las bugías y cualquier cuerpo inflamado.

1063. Se combina con los álcalis, y forma con ellos sales diferentes de las que forma el ácido sulfúrico, por la forma, el sabor, y sobre todo por la propiedad de ser descompuestas por los ácidos mas débiles.

1064. Este fluido aeriforme se une al agua y al hielo, al que licúa en razon del calórico que se separa, mientras se fija, volviéndose líquido por el ácido sulfuroso.

1065. Vuelve rojos y quita el color á la mayor parte de los tintes azules vejetales.

1066. Tiene la propiedad de poner blanca la seda y de darle lustre.

CAPÍTULO V.

DEL ÁCIDO NÍTRICO, DEL ÁCIDO NITROSO, DEL GAS NITROSO Y DEL GAS ÓXIDE NITROSO.

1067. El ácido nitrico se presenta, cuando es puro, bajo la forma de un líquido blanco cuya pesadez es á la del agua destilada en la razon de 15 á 10. Vuelve rojos y destruye los colores azules y muchos otros colores vejetales; puesto en contacto con las sustancias organizadas las quema ó les imprime un color amarillo segun tenga mayor ó menor fuerza y energía. Uno de los caractéres mas propios para manifestar su presencia, y que él conserva hasta que su gravedad específica sea á la del agua como 13 á 10, es que exhala un vapor blanco de un olor acre y nauseoso.

1068. Este ácido no se presenta jamas solo en la naturaleza.

Asi combinado siempre con diferentes sustancias y particularmente con la potasa, se le ha de arrancar de sus combinaciones para aplicarlo á nuestros usos. El ácido que para este objeto se emplea mas á menudo es el sulfúrico; se toma nitrate de potasa muy puro; se introduce en una retorta tubulada que se pone en baño de arena adaptándole un recipiente; se enlodan con cuidado todas las junturas; se echa por el orificio la mitad del peso de ácido sulfúrico, se empieza la destilacion: importa colocar un tubo en el orificio del recipiente, de modo que se sumerja en el agua para detener los vapores y apartar el peligro de la esplosion.

1069. El ácido nítrico asi preparado jamas es bien puro: casi siempre con la presencia del ácido sulfúrico y del ácido muriático alteran su pureza por precauciones que se hayan tomado para purificar el nitrate de potasa. Se le quita el ácido sulfúrico volviéndole á destilar sobre nitrate de potasa bien puro el que retiene el poco ácido sulfúrico que se halla en la mezcla: se le quita el ácido muriático por medio de algunas gotas de nitrate de plata que le precipita; se deja el licor en reposo y se decanta; se espone á un suave calor hasta que haya perdido toda materia colorante, como tambien una cierta cantidad de agua que se debilita, y asi se tiene el ácido nítrico en toda su fuerza y en toda su pureza.

1070. El ácido nítrico espuesto á la luz la refringe en una razon algo mayor que la de su densidad.

1071. El calórico bien administrado dilata y volatiliza este ácido sin hacerle sufrir alteracion alguna; pero si la accion del calórico es fuerte y súbita, como cuando se hace pasar este ácido al traves de un tubo de porcelana incandescente, el ácido se descompone, y da un fluido aeriforme mas puro que el aire atmosférico, en razon de la grande cantidad de gas oxígeno que entra en la composicion. Este efecto nos dice ya que los principios constitutivos del ácido nítrico no contraen una union muy íntima.

1072. El ácido nítrico se une al agua en todas proporciones y probablemente esta grande atraccion del agua con el ácido le pri-

va de presentarse bajo la forma de un fluido elástico. El agua le quita su energía, y le constituye lo que se llama *agua fuerte* en el comercio.

1073. Se ha visto que los principios constitutivos del ácido nítrico no adhieren mas que débilmente entre sí. De aqui depende la grande facilidad con que todas las sustancias combustibles descomponen á este ácido quitándole una parte del oxígeno que le constituye ácido nítrico, y haciéndole pasar al estado de un fluido elástico conocido con el nombre de gas nitroso. Importa notar circunstanciadamente los fenómenos que acompañan á esta descomposicion, los que nos ilustrarán perfectamente sobre la naturaleza de este ácido.

Primer esperimento. Mézclense en una redoma limaduras de cobre ó de hierro con ácido nitroso; ciérrese la redoma con un tapon de corcho al que esté adaptado un tubo de vidrio, cuya estremidad corva esté sumerjida en la cubeta del aparato hidroneumático debajo una campana llena de mercurio. Espóngase en fin la mezcla encerrada en la redoma al calor suave y uniforme de una vela encendida. Se produce al instante y con una viva efervescencia un desprendimiento considerable de gas nitroso que se eleva por su ligereza á la parte superior de la campana. El metal se halla reducido al estado de óxide.

1074. Este fluido aeriforme examinado con cuidado manifiesta las siguientes propiedades: es invisible, elástico y tiene una gravedad algo menor que la del aire atmosférico.

1075. Es nocivo á la respiracion. Los animales perecen en él con mayor prontitud que en el gas nitrógeno ó azoe. Una porcion de gas oxígeno inspirado sin cesar por los animales, se combina probablemente con el gas nitroso para formar el ácido nítrico que los mata prontamente.

Hay alguna cosa notable en el efecto del gas nitroso sobre los insectos que lo respiran. Las ranas y los caracoles sufren su accion durante un tiempo considerable aunque al fin mueren. *Priestley* puso una rana en gas nitroso, la que bregó durante dos ó tres minutos, y se movió de tiempo en tiempo durante un

cuarto de hora; despues de este término la retiró, pero sin poderla revivificar. No sucede asi con las avispas y las moscas las que perecen en el gas nitroso en el instante que entran.

1076. El gas nitroso es impropio para alimentar la combustion. Un cuerpo inflamado, una vela encendida se estinguen en él súbitamente; pero si se introduce en una campana llena de gas nitroso un pedazo seco de madera de una longitud de 270 á 297 milimetros (10 á 12 pulgadas), y encendido por uno de sus estremos, la llama se estingue al instante y la parte carbonosa sumerjida hasta el fondo de la campana en lugar de apagarse quema con mayor actividad. Es probable que en el instante que se saca la campana de la superficie del agua y que se vuelve boca arriba para introducir la bugía, el gas nitroso se ampara prontamente de la parte oxigenada del aire atmosférico, que está en contacto con él para formar un vapor ácido que produce la estincion de la bugía por el pedazo de madera inflamada. Si despues de este accidente, la estremidad carbonosa del pequeño pedazo de madera llega al fondo de la campana, el gas nitroso es aun bastante puro; ademas este fluido aeriforme está compuesto de oxígeno muy débilmente unido al gas nitrógeno ó azoe que le sirve de base. La parte carbonosa del pequeño pedazo de madera que no está aun apagada y que en este estado tiene una grande atraccion con el oxígeno, debe pues descomponer al gas nitroso, ampararse del oxígeno y recibir de este principio el alimento para la combustion. Esta esplicacion supone que el gas nitrógeno y el gas oxígeno son los elementos del gas nitroso: pronto se verá que esta suposicion es una verdad demostrada.

El gas nitroso es nocivo para la vejetacion, las plantas mueren luego que estan espuestas á su accion. Este fenómeno probablemente depende de que las plantas transpiran gas oxígeno, el que combinándose con el gas nitroso forma un vapor ácido que las corroe.

1077. Es digna de notarse la propiedad que tiene el gas nitroso de preservar de la putrefaccion las sustancias animales, y de restablecer las que estan ya podridas. El *Dr. Priestley* es el

primero que hizo esta observacion. Puso un raton muerto en una campana llena de gas nitroso, la que colocó cerca del fuego para hacer mas fuerte la tendencia á la putrefaccion; despues de ocho dias sacó el raton y vió con grande sorpresa que no tenia olor alguno desagradable. Este esperimento dió márgen á tentar otro nuevo: tomó dos ratones el uno recientemente muerto, el otro medio podrido; puso los dos en una misma campana llena de gas nitroso en la temperatura ordinaria de la atmósfera en los meses de julio y agosto del año 1772: veinte y cinco dias despues los sacó de la campana y los halló enteramente sin hedor, aun cortándolos por muchas partes. El que se puso inmediatamente de ser muerto estaba del todo firme, y la carne del otro que era antes floja y medio podrida quedó blanda, pero sin olor alguno desagradable.

1078. El gas nitroso no se mezcla con el agua en el primer momento; pero si está en contacto con agua comun por largo tiempo, poco á poco es absorvido y disminuido. He espuesto una cierta cantidad de gas nitroso al agua bien purgada de aire por la ebulicion, y he hallado que en tres dias han sido absorvidas como las diez y ocho vigésimas partes. El agua que ha absorvido gas nitroso lo retiene con mucha fuerza, y toma un gusto acido que no proviene de que esté impregnada de gas nitroso, sino que probablemente reconoce por causa el vapor ácido que siempre se forma cuando el gas nitroso está en contacto con el aire atmosférico. Esta esplicacion se funda en las multiplicadas observaciones de *Guillelmo Bewley*. Este físico ha probado que el gas nitroso no da al agua gusto ácido sensible, sino está en contacto, ó sino está mezclado con una porcion de aire atmosférico. Puédese consultar á este fin su carta al *Dr. Priestley* insertada en el tomo segundo de los esperimentos y observaciones de este último sobre diferentes ramos de la física, apéndice núm. 9.

El gas nitroso no es ácido y no vuelve rojos los colores azules vejetales.

1079. La propiedad mas notable del gas nitroso es el modo de proceder desde que está en contacto con el aire atmosférico.

Segundo esperimento. Hágase pasar en una campana llena de mercurio puesta boca abajo encima de la tablilla de la cubeta hidro-neumática, como una parte de gas nitroso y dos partes de aire atmosférico. Los dos fluidos se combinan con prontitud y disminuyen prodigiosamente de volúmen. Se escita un color vivo, el agua sube en la campana, absorve todo el vapor rojo que resulta de la combinacion de los dos fluidos aeriformes, y estos vapores absorvidos por el agua le dan todos los caractéres de ácido nítrico.

Los fenómenos que presenta este esperimento reconocen por causa la grande atraccion del gas nitroso con la base de la parte respirable del aire atmosférico. Es sin duda en fuerza de esta atraccion que el gas nitroso se ampara del oxígeno del aire comun para formar los vapores rutilantes los que no son otra cosa que ácido nitroso. Esta asercion será una verdad demostrada, si se atiende á que estos fenómenos suceden siempre con mas rapidez, y son mas señalados cuando el aire atmosférico es mas puro. Resulta de los esperimentos multiplicados de *Lavoisier*, que cuatro partes de gas oxígeno bastan para saturar completamente siete partes y un tercio de gas nitroso, al paso que son menester 16 partes de aire atmosférico para saturar la misma cantidad.

1080. La propiedad que tiene el aire comun de producir diferentes efectos, segun su grado de pureza, por su mezcla con el gas nitroso, ha dado orígen á la idea de servirse del gas nitroso como de piedra de toque para conocer la cantidad de gas oxígeno que contiene un aire cualquiera. Esta tentativa consiste en emplear cantidades conocidas de estos dos gases, y en observar las que son precisas para su completa saturacion: cuanto menos aire comun se necesita para saturar el gas nitroso, tanto mas puro es; al contrario cuanto mas aire se ha de emplear tanto menos puro está.

1081. Para apreciar con mayor precision el grado de pureza ó impureza del aire que se quiere examinar, *Fontana*, *Landriani*, *Magellan*, etc. han imaginado diferentes eudiómetros; pero no se ha tardado en reconocer que este medio es inexacto; 1.° por-

que es muy dificil obtener gas nitroso formado constantemente bajo las mismas proporciones de fluidos aeriformes que entran en su composicion, atendiendo que varian no solo en razon de la naturaleza de las sustancias, sobre las que se descompone el ácido nítrico, sino tambien segun que la disolucion de tal ó tal sustancia por el ácido se hace con mas ó menos rapidez; 2.° el ácido nítrico que forma, disuelve mas ó menos gas nitroso, segun la temperatura, la calidad de aire que se esperimenta, la magnitud del eudiómetro, etc.; de suerte que la disminucion varía en razon de la cantidad mayor ó menor de gas nitroso que es absorvida por el ácido nítrico que se forma; 3.° es de mucha importancia notar que los esperimentos que se hacen con el eudiómetro no tienen de mucho las ventajas que se habian prometido para la salud de los hombres; pues que no indican sino la cantidad de gas oxígeno contenido en el aire que se examina, al paso que nada indican de las calidades nocivas de este fluido aeriforme relativamente á las demas funciones de la respiracion, tales como su accion sobre el estómago, sobre la piel, y en particular sobre los nervios. Estos efectos que se ven en casi todas las alteraciones del aire no pueden ser conocidos sino por la observacion de médicos.

1082. Falta indagar cuales son los elementos que componen el gas nitroso. Las investigaciones que se van á hacer para llegar á este conocimiento nos ilustrarán mas sobre la naturaleza del ácido nítrico.

Tercer esperimento. Se toma un tubo de vidrio de cuatro milimetros (2 líneas) de diámetro que tenga en su estremidad superior una birola en la que esté pegada una varilla de metal terminada en dos esferas, la una interior y la otra esterior. Lleno este tubo de mercurio, se sumerje el orificio en el mercurio de una cubeta, y se sujeta en una posicion vertical por medio de un apoyo; en esta posicion se le introduce una mezcla de gas azoe y de gas oxígeno, en la razon de cerca de 3 á 7, de modo que el espacio ocupado por estos fluidos aeriformes sea de cerca 81 milimetros (3 pulgadas). Se introduce despues en el tubo una

cantidad de disolucion de potasa que se aproxime á la altura de 13 milimetros (6 líneas); se pone este aparato á una distancia tal del conductor de una fuerte máquina eléctrica que cuando se pone en movimiento el fluido eléctrico pase casi continuamente de la esfera del conductor á la bola esterior del tubo; se renuevan las descargas hasta que no produzcan mas disminucion sensible en el volúmen del gas encerrado. Al principio la disminucion es bastante considerable, despues es sucesivamente menor. Se renueva el fenómeno poniendo en el tubo una mezcla de los mismos gases en las mismas proporciones en suficiente cantidad para reemplazar la porcion absorvida. Si se empapa despues una tira de papel de aquella disolucion de potasa, secado el papel y presentado á una ascua para encenderle sin inflamarle, quema dando señales de detonacion.

1083. Este esperimento presenta dos cosas principales que deben fijar nuestra atencion, es á saber: 1.° la disminucion producida en la mezcla de los gases por la entrada de la chispa eléctrica; 2.° las señales de detonacion que da el papel empapado de la disolucion de potasa, despues de secado, si se presenta á un carbon para encenderse. No se ve en la disminucion de la mezcla de los gases mas que el efecto producido por la absorcion de la base del gas oxígeno, que el gas nitrógeno tiene la propiedad de descomponer á una alta temperatura. *Cavendish* ha justificado esta asercion probando con esperimentos decisivos que el gas oxígeno ó el gas azoe solos no manifiestan disminucion por las descargas eléctricas. *Van-Marum* observó tambien que el gas azoe no era disminuido. Este gas tomó al contrario un aumento de 0,125 de su volúmen, cual halló haberlo perdido el dia siguiente, fenómeno que el autor mira como el efecto de una especie de dilatacion por la electricidad. Relativamente al gas oxígeno, este físico juzgó en sus primeros ensayos que no era alterado; pero habiéndole despues sujetado á las mismas pruebas en un tubo mucho mas pequeño, á fin de que la chispa eléctrica produjera mayor efecto obrando sobre mayor base, halló que este gas se habia disminuido de 0,2 sobre el mercurio, y de 0,136 so-

bré el agua. Esta aparente oposicion de testimonios parece difundir algunas dudas sobre la certitud del hecho, las que no será dificil destruir. Para lograr esto basta desde el principio considerar que no hay mas proporcion alguna de esta disminucion de gas oxígeno solo con la del gas oxígeno mezclado con gas nitrógeno ó azoe; y como esté generalmente admitido que el gas azoe no esperimenta separadamente disminucion alguna, se sigue, que la notable diferencia del efecto procede de otra causa, esto es, de la combinacion de los dos gases.

En segundo lugar la disminucion del gas oxígeno solo se esplica fácilmente en el esperimento de *Van-Marum* por la calcinacion del mercurio, la que fue tal, segun este físico, que al fin las paredes del tubo estaban tan cubiertas de cal de este metal que no se podia ver mirando al traves de él. En cuanto á la disminucion que sucedia, como no es mas que casi el quinto de la que este físico observó en las mismas circunstancias en el gas oxígeno mezclado con gas azoe, se podria muy bien atribuir á la porcion de este gas, al que es dificil de privar enteramente de gas oxígeno, y que bastaria llevarla aqui hasta un sexto para restablecer la correspondencia entre la causa y el efecto. Pero independientemente de lo que procede de la impureza ordinaria del gas oxígeno, hay otra circunstancia que no merece menos atencion, esta es la calcinacion que no puede dejar de suceder en la superficie del conductor metálico en el interior del tubo, por la repeticion de las descargas eléctricas, cuya calcinacion debe necesariamente producir una disminucion de volúmen en el gas oxígeno encerrado en el tubo.

1084. Es pues incontestable que la disminucion de la mezcla de gas nitrógeno y del gas oxígeno por la chispa eléctrica, reconoce por causa la combinacion recíproca de las bases de estos dos gases. No es menos cierto que el resultado de esta combinacion es el ácido nítrico. Tenemos en apoyo de esta verdad las señales de detonacion que da el papel empapado en la disolucion alcalina, cuando se presenta á un carbon para encenderle, las que justifican la presencia del nitrate de potasa; y ¿cómo se podrá conce-

bir que pueda formarse esta sal sino por la combinacion de potasa con el ácido nítrico?

1085. La produccion del ácido nítrico por la combinacion del gas oxígeno con el gas nitrógeno queda pues perfectamente establecida; pero el ácido nítrico no es otra cosa que gas nitroso saturado de oxígeno; porque si se pone en contacto con el ácido nítrico, fósforo, azufre, carbon, un metal, azúcar etc. estas sustancias le quitan una porcion de oxígeno y se separa gas nitroso, con el que es fácil reproducir el ácido volviéndole á dar gas oxígeno, ó mas individualmente el oxígeno que habia cedido despues de haberle separado de su nueva combinacion; de que resulta que el gas nitroso no es mas que una combinacion de gas nitrógeno con menos gas oxígeno del que se necesita para formar ácido nítrico.

Las proporciones indicadas anteriormente de gas oxígeno y de gas nitrógeno, son generalmente reconocidas como las mas favorables á la combinacion que produce el ácido nítrico. Fórmase tambien introduciendo simplemente aire atmosférico en el tubo de vidrio, y haciendo pasar de la misma manera la chispa eléctrica. Si en lugar de la disolucion de potasa se introducen en el tubo algunas gotas de infusion de tornasol, esta se vuelve roja y el volúmen del aire es igualmente disminuido.

1086. 1.° Este bello esperimento que se debe á *Cavendish* y la teoría á que ha dado origen, nos ilustra mucho sobre las nitrerías artificiales. El nitrate de potasa ó sal piedra resulta de la combinacion del ácido nítrico con la potasa. Para producir pues nitrate de potasa artificial es menester hacer concurrir á esta produccion las sustancias propias para suministrar la potasa y los elementos del ácido nítrico. El gas nitrógeno se separa por la putrefaccion de las sustancias animales; el aire atmosférico suministra el gas oxígeno, y la potasa es siempre el fruto de la descomposicion vejetal; de que se sigue que se pueden formar nitrerías artificiales haciendo concurrir la putrefaccion animal con la fermentacion vejetal, con tal que las sustancias que se hallan en este estado esten en contacto con el aire atmosférico.

1087. 2.° Este esperimento nos hace concebir claramente la produccion del ácido nítrico en la atmósfera; nos ilumina sobre la formacion de las auroras boreales, de que se procurará dar en el último libro de esta obra una esplicacion satisfactoria.

1088. Por lo que se ha dicho es fácil apreciar la diferencia que hay entre el ácido nítrico puro y el ácido nitroso. Este último se forma siempre que la proporcion de estos dos principios no es la que constituye el ácido nítrico; esto es cuando no hay una combinacion de tres partes de gas nitrógeno y de siete de gas oxígeno; pero como una multitud de circunstancias pueden mudar la proporcion del oxígeno con el nitrógeno, es claro, 1.° que este ácido es muy alterable, y debe á menudo ser mas ó menos colorado y fumante; 2.° que en razon de la cantidad de oxígeno que se le habrá quitado podrá hallarse en muy diferentes estados, desde aquel en que es mas puro y que contiene la mayor cantidad de este principio hasta el gas nitroso que no le contiene en bastante cantidad para ser verdaderamente ácido; 3.° que si se priva al gas nitroso de la porcion de oxígeno que aun contiene, se le reducirá al estado de gas nitrógeno; 4.° que la adherencia entre el oxígeno y el nitrógeno siendo muy poco considerable, y teniendo la mayor parte de los cuerpos combustibles mayor afinidad con el primero que la que tiene el nitrógeno, el ácido nítrico, el á id o nitroso y el gas nitroso deben ser descompuestos con mucha facilidad por grande número de cuerpos.

1089. Ademas el gas nitroso que es un verdadero óxide de nitrógeno ó de azoe, por componerse de nitrógeno y de oxígeno en cantidad insuficiente para darle la acidez, existe un fluido aeriforme que es tambien un óxide de nitrógeno y que se diferencia del gas nitroso por varias propiedades, como tambien por la proporcion de principios que entran en su composicion. Los holandeses le llaman *gas óxide de azoe*, y los ingleses *óxide nitroso* ú *óxide gaseoso de nitrógeno.*

Para obtener este gas se pone una dada cantidad de nitrate de amoniaco en una pequeña retorta en baño de arena. La sal se licúa y hierve algun tiempo sin dar gas. Luego la retorta se llena de

un vapor blanco que no tarda en desaparecer; desde luego el gas se separa en abundancia y se pueden llenar de él muchas vejigas. La separacion disminuye por grados; y cuando ha cesado, casi no queda cosa alguna en la retorta.

Este gas tiene un sabor azucarado del que se conserva bastante tiempo la impresion.

Este gas es mefítico, se han visto personas perder el conocimiento desde la tercera inspiracion. Otras han esperimentado aturdimientos de bastante duracion y que han acabado por soltar la carcajada.

M. Dispan puso un verderon en un bote bastante ancho lleno de este fluido elástico. La ave al primer instante pareció que nada sufria; luego despues se vió que cerraba los ojos y que se dejaba caer suavemente sobre uno de los lados como si se adormeciera. Puesta en el aire libre se puso de pie sin hacer esfuerzos para volar. Una hora despues sujetada á una mas larga tentativa se sacó sin movimiento y no se halló medio alguno para revivificarla.

CAPÍTULO VI.

DEL GAS ÁCIDO MURIÁTICO.

1090. El gas ácido muriático es el fluido aeriforme que se separa cuando se echa ácido sulfúrico concentrado sobre muriate de sosa. En este caso se presenta á la sosa una sustancia que tiene con ella mayor atraccion que la que ella tiene para el ácido muriático. La sosa debe pues abandonar al ácido muriático para combinarse con el ácido sulfúrico, y formar sulfate de sosa. El ácido muriático se pone en estado de libertad, y como es muy volátil se separa en estado de gas.

1091. Este ácido aeriforme no puede ser recogido encima agua porque le disuelve con mucha actividad y prontitud.

Para convencerse de esto basta introducir en la campana llena de mercurio que ha servido para recoger el gas ácido muriático, un poco de agua la que por su respectiva ligereza se irá á la superficie del mercurio.

El agua absorve súbitamente al gas ácido; el mercurio vuelve á subir hasta cerca lo mas alto de la campana y el licor que se encuentra encima del mercurio es ácido muriático líquido, pues que disolviéndose el agua le da su forma y densidad.

1092. Es claro que el ácido muriático en el estado de gas tiene mucha mayor fuerza y energía que cuando se halla disuelto por el agua, porque en este último caso la tendencia del ácido para la combinacion, está en parte satisfecha, y las atracciones disminuyen á medida que adelantan hácia su término de saturacion.

1093. El ácido muriático gaseoso y el ácido muriático líquido deben sin duda producir poco á poco los mismos fenómenos, y dar las mismas señales de ácidez, aunque en diferentes grados: les es comun la propiedad de enrojecer los colores azules de los vejetales, y de formar humo ó vapor blanco cuando se mezclan con el aire atmosférico. La causa de estos vapores es la combinacion del gas ácido muriático con la humedad del aire; y por esta causa no se observan encima de montes muy elevados en que el aire es muy seco.

1094. El gas ácido muriático es mas ligero que el aire atmosférico en la razon de $173\frac{1}{4}$ á 100.

1095. El gas ácido muriático tiene un olor muy penetrante, el calor le enrarece y aumenta prodigiosamente su elasticidad; pero el fluido luminoso, al que refringe fuertemente, no le altera sensiblemente.

1096. Este ácido aeriforme no se descompone cuando se hace pasar por carbones encendidos, mata muy prontamente los animales que lo respiran. Es tan cáustico que inflama la piel y causa en ella vivas comezones. Disuelve el alcanfor, se ampara con mucha fuerza del agua sobre abundante del sulfate de alumina, al que reduce á polvo; estingue la llama de las velas dilatándola al principio, y dando á su disco un color verde azulado; licúa el yelo con tanta prontitud como si se echaba en un brasero. En fin se combina con todos los álcalis y forma con ellos diferentes sales segun sea diferente la base alcalina que se le une.

1097. No está aun bien establecida la naturaleza del gas ácido muriático. Segun *MM. Thenard y Gay-Lusac* el gas ácido muriático contiene la cuarta parte de su peso de agua, y esta agua encierra bastante para oxidar al metal que el ácido puede disolver. *M. Davi* juzgaba poco tiempo hace, que el agua es esencial para la existencia de este ácido aeriforme y que contiene de ella la tercera parte de su peso. En el capítulo que sigue espondré los motivos que le han hecho mudar de opinion.

CAPÍTULO VII.

DEL GAS MURIÁTICO OXIGENADO Ú OXI-MURIÁTICO.

Se pueden emplear diferentes medios para obtener el gas muriático oxigenado.

1098. 1.º Se ponen en una retorta 60 gramos (2 onzas) de óxide negro de manganesa en polvo; se echan encima 120 gramos (4 onzas) de ácido muriático líquido. Se calienta la retorta despues de haberle adaptado un tubo recorvado y puesta su estremidad libre sumerjida en la cubeta neumato-química debajo de una campana llena de agua.

En este estado se escita en la retorta una viva fermentacion y se separa un fluido elástico que va á llenar la campana destinada á recibirle: este fluido es el gas muriático oxigenado al que *Scheele* habia dado el nombre de ácido marino deflogisticado, y que habia despues recibido el de ácido muriático oxigenado.

2.º Se mezclan 1750 partes de muriate de sosa, 450 de óxide de manganesa, 800 de agua y 800 de ácido sulfúrico. Aplicando un calor suave á esta mezcla encerrada en una retorta tubulada, el gas muriático oxigenado se separa como en el primer caso.

Conviene advertir que el gas muriático oxigenado es prontamente absorvido por el agua fria. El agua de la cuba en que se recibe debe ser calentada hasta cerca 90° centígrados. Con esta precaucion el gas puede estar en contacto con el agua hasta que nos sirvamos de él. No se puede emplear el aparato de mercurio,

porque el gas tiene una accion poderosa sobre este fluido metálico.

1099. El gas muriático oxigenado tiene un color amarillo oscuro, un olor fétido y picante; disminuye y enrojece la llama de las bugías sin apagarla. Es mas ligero que el aire comun en la proporcion de 2470 á 100.

1100. A una temperatura de 4 grados, toma el estado de líquido; y esta propiedad sin duda ha hecho que algunos sábios le clasifiquen entre los vapores y no entre los gases.

1101. Si una botella de este gas se cubre con nieve ó con hielo, forma en la superficie una concrecion sólida de color amarillento, y parecida por sus ramificaciones al hielo que se pone en la superficie de los vidrios durante la helada. Un calor suave de nueve á diez grados centígrados es bastante para transformar esta costra en un líquido aceitoso amarillento, que se convierte en gas al momento que se eleva la temperatura.

1102. El gas muriático oxigenado es absorvido ciertamente por el agua, si descansa sobre la superficie de esta. La absorcion es mas rápida si el gas es agitado. El aparato de *Woulf*, cuyas botellas esten rodeadas de una mezcla frigorífera, ofrece un medio fácil de saturar el agua con una cierta cantidad de este gas. No se conoce á punto fijo el volúmen de gas que es capaz de absorver el agua. Segun *M. Berthollet*, 100 gramos de agua á la temperatura de 6 grados centígrados reciben 1073 gramos de gas y adquieren un peso específico de 1003.

1103. *MM. Dalton* y *Gay-Lussac* han observado al mismo tiempo un fenómeno singular originado de la mezcla del gas muriático oxigenado y del gas hidrógeno. Cuando estos dos fluidos se mezclan en volúmen igual, hay inflamacion á la temperatura de 125 grados. La mezcla no se descompone en la oscuridad, pero detona á la luz del sol, lo que prueba la grande influencia de esta sobre las combinaciones químicas.

El mismo fenómeno se presenta si se mezcla un volúmen igual, de gas hidrógeno, de gas oleoso y de gas muriático oxigenado.

1104. La mayor parte de los metales arden espontáneamente en el gas muriático oxigenado. Los que son muy maleables, como

el oro y la plata, pueden sumerjirse en esté gas en la forma dé hojas muy delgadas; los otros deben reducirse á limaduras muy finas. Los metales que se oxidan fácilmente arden con mayor actividad y difunden una luz muy viva. La proporcion mas favorable para esta combustion es de cerca 40 gramos de cada metal por 655 centímetros cúbicos de gas.

1105. El fósforo se enciende en el gas muriático oxigenado y arde con actividad; el azufre no se inflama, pero si se fija un pedazo de esta sustancia en la estremidad de un tubo de vidrio y se sumerje en este gas, se oxida y corre en forma líquida.

1106. El gas muriático oxigenado destruye prontamente todos los colores azules vejetales, de cuya verdad puede uno convencerse por el siguiente esperimento.

Esperimento. Llénese de gas muriático oxigenado una campana de vidrio puesta para recibirle encima la tablilla de la cubeta neumato-química; introdúzcase despues en esta campana un ramillete de violas; estas flores pierden luego su color, y el efecto es tan pronto que parece que se han quitado las flores azules, y sustituido en su lugar otras flores blancas.

1107. La propiedad que tiene el gas muriático oxigenado de destruir los colores, ha fijado la atencion de los físicos, de la que han conseguido hacer útiles aplicaciones.

1.º Se emplea para blanquear las telas y los algodones. Para este efecto se pasa el algodon por una legía poco alcalina: se hace hervir, y despues se tuerce la tela, y se empapa de agua saturada de gas muriático oxigenado; es necesario tener cuidado de menear la tela y torcerla: se lava luego con mucha agua, para quitarle el olor de que está saturada.

2.º Sirve para blanquear el papel y las estampas viejas, la tinta ordinaria desaparece por la accion de este fluido gaseoso, pero la de imprenta no sufre alteracion alguna.

1108. El gas muriático oxigenado se descompone poco á poco por el contacto de la luz, la que le quita una parte de su gas oxígeno.

Segun *M. Thenard y Gay-Lussac*, el gas muriático oxigena-

do pesa 2,47 mas que el ácido: contiene la mitad de su volúmen de gas oxígeno, y el ácido muriático que entra en su composicion retiene toda el agua que él puede formar.

1109. No hace mucho tiempo que se consideraba generalmente al ácido muriático como compuesto de una cierta base con el agua; y el gas muriático oxigenado, ú oxi-muriático, como un compuesto de esta misma base con el oxígeno. *M. Davi* era de esta misma opinion; pero nuevos esperimentos se la han hecho abandonar para sustituirle la que sigue. Mira en el dia el gas muriático oxigenado ú oxi-muriático como un cuerpo simple, ó á lo ménos como una base no descompuesta, y al ácido muriático como un compuesto de esta base con el hidrógeno. Los principales motivos en que funda esta nueva doctrina son los que siguen.

1.º No se puede obtener el ácido muriático del gas oxi-muriático sin la presencia del hidrógeno ó de algun cuerpo que lo suministre: de aqui proviene que el carbon inflamado hasta ser blanco no produce mutacion alguna al gas oxi-muriático.

2.º Cuando el gas oxi-muriático se combina con los metales ú otras sustancias oxidables, por el examen del resultado no se puede probar que haya suministrado oxígeno al cuerpo combustible. Examinando con atencion escrupulosa el compuesto que resulta de la accion del gas oxi-muriático sobre el estaño, *M. Davi* se ha convencido que todo el gas es absorvido por el metal al paso que segun la teoría comunmente adoptada, precediendo siempre á la solucion del metal su oxidacion, debia esperarse que se hallaria un óxide de estaño en el nuevo compuesto.

3.º El potasium arde espontáneamente en el gas oxi-muriático sin que se pueda demostrar que haya formacion de agua; pero cuando es en grande cantidad no puede inflamarse sin el ausilio del calor; y al fundir el potasium, los vasos se rompen por la violencia de la combustion.

4.º El gas oxi-muriático llena las mismas funciones que el oxígeno con relacion á la electricidad. En todas las análisis de sus compuestos por la electricidad galvánica marcha al polo positivo y el hidrógeno al negativo. *M. Davi* parece inclinado á mirarle,

no como un ácido sino como una especie de principio acidificante, y propone llamarle *chlorina* ó *gas chlorico*, de la voz griega χλωϱος, que designaria su color. El tiempo y la esperiencia son los que deben confirmar ó destruir esta ingeniosa hipótesis, la que no puede realizarse sin destruir en parte la teoría de *Lavoisier*.

CAPÍTULO VIII.

DEL GAS MURIÁTICO SOBRE OXIGENADO.

1110. Calentando ligeramente una mezcla de sobre-oximuriate de potasa y de ácido muriático muy dilatado, *M. Davi* ha obtenido un nuevo gas formado por la combinacion del gas oxi-muriático con el oxígeno, y que se distingue por las propiedades siguientes:

1.° Su color es verde, amarillento, subido y brillante.

2.° Detona muchas veces cuando se hace pasar de una campana á otra, y entonces hay desprendimiento de luz y aumento de volúmen.

3.° El calor de la mano es suficiente casi siempre para hacer detonar este fluido gaseoso; y en esta detonacion abandona cerca de la tercera parte de su volúmen de oxígeno, pierde su color y pasa al estado de gas oxi-muriático.

4.° *M. Davi* halló por el producto de la detonacion de este gas, que contiene dos partes en volúmen de gas oxi-muriático, y una de oxígeno.

5.° Si se hace detonar este gas con el hidrógeno, se forma ácido muriático con disminucion de $\frac{1}{3}$ de su volúmen. Pero si el gas es en esceso, el oxígeno no se combina con el hidrógeno, y el gas oxi-muriático se mantiene en su combinacion.

6.° El fósforo introducido en este gas produce una esplosion resplandeciente y se forma ácido fosfórico.

7.° El carbon encendido produce en este gas una ráfaga brillante de luz; arde en seguida esparciendo una luz roja pálida.

8.° Cuando se mezcla este fluido aeriforme con el gas nitro-

so, se forman súbitamente vapores rojos muy espesos, y el volúmen disminuye.

CAPÍTULO IX.

DEL GAS ÁCIDO FLUÓRICO.

1111. El ácido fluórico es el fluido aeriforme que se separa del fluate de cal por medio del ácido sulfúrico. Puede obtenerse en estado gaseoso del siguiente modo.

Primer esperimento. Se introduce en una retorta de plomo (1) una mezcla de ácido sulfúrico y de fluate de cal pulverizado, se adapta en el orificio de la retorta un tubo encorvado sumerjiendo el otro estremo en la cubeta del aparato hidrargiro-neumático; se espone en seguida la retorta á la accion de un fuego moderado. La mezcla no tarda en calentarse, se produce una viva fermentacion y se separa un fluido aeriforme que es el gas ácido fluórico.

El fluate de cal ó spato-fluor es compuesto de cal y de ácido fluórico. El ácido sulfúrico tiene mayor atraccion para la cal, que la cal para el ácido fluórico; debe pues el ácido sulfúrico combinarse con la cal para formar sulfate de cal, mientras el ácido fluórico separado de su primera combinacion contrae otra nueva con el calórico, la que le da la fluidez aeriforme.

1112. Se ha dicho que para este esperimento era menester servirse del aparato de mercurio. Esta precaucion es necesaria para recoger el gas fluórico, porque el agua tiene la propiedad de disolverle con mucha prontitud.

Segundo esperimento. En una campana de gas ácido fluórico, y que esté puesta sobre mercurio introdúzcase una poca agua la que se depositará encima de este fluido metálico; inme-

---

(1) *Nos servimos de una retorta de plomo para estraer el gas acido fluórico, porque esta sustancia metálica es una de las que son menos atacadas por este ácido aeriforme.*

diatamente se produce calor y el mercurio vuelve á subir en la campana.

1113. Estos sucesos manifiestan evidentemente que el agua tiene la propiedad de absorver al gas ácido fluórico. Esta absorcion va siempre acompañada de un fenómeno particular que merece referirse. Este consiste en la precipitacion de una tierra blanquizca muy fina. ¿ Pero cuál es la naturaleza y orígen de esta materia terrosa? Estaba reservado para *Meyer* el resolver este importante problema. Los decisivos esperimentos que siguen son los que le condujeron á su solucion.

Este célebre químico tomó tres vasos cilíndricos de estaño de igual capacidad; puso en cada uno una mezcla de 90 gramos (3 onzas) de ácido sulfúrico y de 30 gramos (1 onza) de fluate de cal que habia antes pulverizado en el almirez de metal, añadió á la primera de estas mezclas una onza de vidrio pulverizado, en la segunda una onza de cuarzo en polvo y nada en la tercera.

Puso suspendida una esponja empapada de agua encima de cada una de estas mezclas, y habiendo cerrado estos vasos con sus coberteras, los espuso á un calor templado.

Media hora despues, la esponja del cilindro que contenia la primera mezcla se halló cubierta de una costra cuarzosa, la mezcla se habia hinchado considerablemente; en los otros vasos no se habia observado mutacion alguna.

Despues de doce horas la esponja suspendida encima de la segunda mezcla estaba tambien cargada de un polvo blanco; la del tercer vaso no dió la mas ligera señal de cuarzo, ni aun despues de muchos dias.

1114. Resulta de este esperimento que la sustancia cuarzosa que se precipita por el contacto del gas ácido fluórico y del agua no es otra cosa que una porcion de vidrio que es atacada y verdaderamente disuelta por el ácido aeriforme. No es pues de estrañar que este gas corroa y agujerée al vidrio y que *Priestley* se haya visto obligado para prevenir este inconveniente, á emplear para esta clase de esperimentos, botellas de vidrio muy recias.

1115. Esta propiedad de corroer el vidrio de que goza el gas ácido fluórico ha dado orígen al invento de grabar sobre vidrio por medio de este ácido de la misma manera que se graba sobre cobre por medio del ácido nítrico.

1116. El gas ácido fluórico disuelto en el agua forma el ácido fluórico líquido, cuyo olor y causticidad son muy fuertes cuando el agua se halla saturada.

1117. Este fluido aeriforme exhala un olor penetrante el que es mas vivo que el del gas ácido muriático.

1118. El gas ácido fluórico estingue prontamente las velas encendidas, y mata los animales que se sumerjen en él.

1119. La causticidad de este gas es tal que corroe la piel por poco tiempo que esté espuesta á su contacto.

1120. El aire atmosférico turba su transparencia y le muda en un color blanco en razon del agua que contiene.

1121. El ácido fluórico que no se habia podido descomponer por el carbon, ha cedido á la poderosa accion del potasium. Resulta de los esperimentos hechos con el ausilio de esta sustancia metálica, que el ácido fluórico es compuesto de una base combustible y de oxígeno.

LIBRO NONO.

DE LOS FENÓMENOS DE LA COMBUSTION, DE LA RESPIRACION, DEL CALOR ANIMAL, DE LA VEJETACION Y DE LA FERMENTACION.

CAPÍTULO PRIMERO.

DE LA COMBUSTION.

1122. Es imposible concebir claramente lo que es combustion, sin haber antes estudiado los fenómenos que ella presenta y determinado la causa que los produce. Por lo que solo despues de habernos ocupado en estos objetos podremos esperar el definir la combustion de un modo inteligible. Para proceder con órden se reunirán algunos principios que son resultados incontestables de hechos y de esperimentos que se hallan esparcidos en los capítulos precedentes.

Primer principio.

1123. En toda combustion hay absorcion de la base del gas oxígeno.

Por poco que se reflexione sobre las propiedades del gas oxígeno, las que se han ya manifestado, puede cualquiera convencerse de la verdad de este principio. Se ha demostrado que si se quema un pedazo de azufre, fósforo ó carbon etc., en atmósfera de gas oxígeno puro, la base de este fluido es totalmente absorvida, y que cuando la combustion se efectúa en aire atmosférico, sola la base del gas oxígeno es absorvida, al paso que el gas nitró-

geno que forma las tres cuartas partes del aire comun no sufre alteracion alguna.

Es cierto que algunas combustiones se efectúan sin el concurso aparente del gas oxígeno, tales son:

1.° La oxidacion de los metales por los ácidos; la reduccion de los óxides metálicos por el carbon; la combustion del azufre, del fósforo, del carbon etc. por el ácido nítrico. Sin duda que en todos estos casos no hay gas oxígeno; pero el oxígeno concreto existe en uno de los cuerpos que entran en la mezcla, el que pasando en un estado mas ó menos sólido del cuerpo que le contiene al que está privado de él, produce la combustion. ¿Qué es, por ejemplo, lo que sucede cuando se mezcla en un vaso cerrado un metal con un ácido? El oxígeno sólido que forma parte constitutiva del ácido tiene mayor atraccion para el metal que para la base del ácido: debe pues el metal ampararse del oxígeno, y por medio de esta absorcion el metal se quema y se oxida.

2.° No puedo pasar en silencio algunos esperimentos hechos por los químicos de Amsterdam, y repetidos por *Van-Mons*. Con estos se intenta probar que una mezcla de cobre y azufre se inflama en el momento mismo de la formacion del sulfureto por medio del fuego, y quema con la misma actividad que en el gas nitrógeno, en el gas hidrógeno, en el gas ácido carbónico etc...... sin que se pueda sospechar la presencia del oxígeno, sea concreto, sea aeriforme.

Estos esperimentos se han repetido con cuidado por muchos químicos, y el resultado de su trabajo nos confirma completamente la solidez de los principios en que se funda la teoría de la combustion. 1.° El azufre contiene agua cuya descomposicion ha podido suministrar el oxígeno necesario para la combustion; 2.° el azufre puede ser mirado como un óxide; 3.° los sulfuretos contienen menos calórico que los elementos aislados que entran en su composicion. La produccion de un sulfureto es pues señalada por el desprendimiento de calórico.

Segundo principio.

1122. El residuo de la combustion pesa siempre mas que el combustible antes de quemarse.

Esperimentos decisivos justifican la verdad de este principio. Cincuenta kilógramos (cerca de 100 libras) de plomo dan por medio de la combustion 55 kilógramos (cerca de 110 libras) de óxide. El azufre da despues de su combustion un peso mayor de ácido sulfúrico de lo que antes pesaba. No se diga que hay sustancias tales como los aceites, los éteres etc. á las que la combustion quita grande parte de su peso. Es cierto que los cuerpos combustibles en que la materia inflamable es volátil pierden mucho de su peso por la combustion; pero esta pérdida no existe verdaderamente mas que en apariencia. Es fácil convencerse de esto si se atiende á que lo que queda fijo despues de la combustion no es el solo residuo del cuerpo combustible, y que de estos últimos todos los que gozan de una grande volatilidad, se mudan por la combustion en fluidos aeriformes que se disipan prontamente.

El éter y el alcohol nos ofrecen ejemplos de esta verdad. Estos líquidos queman casi siempre sin dejar en los vasos que los contenian señal alguna de su existencia. No se debe inferir de aqui que estos fluidos se han aniquilado, sí solo que han sufrido una especie de metaforfósis, y la materia volátil que es el producto se ha esparcido por la atmósfera. Esto es de tal modo verdadero que si por cualquier medio se recoge este producto, se halla que tiene mayor peso que el que tenia antes el cuerpo combustible. Quemando en vasos cerrados una conocida cantidad de alcohol, se obtiene por producto de esta combustion una cantidad de agua cuyo peso es mayor que el del alcohol consumido. Sucede lo mismo con la ceniza que queda despues de la combustion de la madera; la ceniza no es el todo del residuo de la combustion de los vejetales; parte del residuo se ha disipado en el aire, otra parte que no se ha quemado completamente forma el hollin, y otra se ha elevado en la atmósfera, se ha condensado

en agua ó ha depuesto en ella fluidos aeriformes de naturaleza diferentes. Debe pues mirarse como un principio incontestable el que todos los combustibles que arden aumentan en peso.

Tercer principio.

1125. El aumento de peso que adquiere el cuerpo quemado es igual al peso del gas oxígeno absorvido.

Cuando el residuo de la combustion es fijo, es fácil convencerse de esta verdad. *Lavoisier* demostró con esperimentos muy exactos que si se calcinan ú oxidan metales sea debajo campana de vidrio, sea dentro de vasos cerrados con cantidades conocidas de aire, el oxígeno del aire atmosférico es absorvido durante la calcinacion; y que el metal oxidado adquiere un peso igual al que el aire atmosférico ha perdido por la oxidacion del metal.

De la misma manera hay absorcion total del gas oxígeno ó mas bien del oxígeno que forma su base en la combustion del fósforo, y el peso del ácido fosfórico que se obtiene es exactamente igual al peso del fósforo sumado con el del gas oxígeno empleado en la combustion.

Si los resultados de la combustion son volátiles, es sin duda mas difícil conocer el peso y comprobar si su aumento es en razon de la cantidad de aire absorvido; pero cuando la combustion se efectúa debajo campanas y se recogen todos los productos, se halla siempre que el aumento de peso está en razon de igualdad con el del gas oxígeno absorvido.

Cuarto principio.

1126. En toda combustion hay separacion de calórico y lúmínico.

Este principio exije esplicacion. Cuando la combustion se hace por el contacto del aire, el cuerpo que arde tiene mayor atraccion con la base del gas oxígeno que la que esta base tiene con el calórico. En virtud de la referida atraccion esta base se fija y se combina con el cuerpo que está en ignicion. Abandona pues al

calórico, y este puesto en libertad produce calor, y procura combinarse con las sustancias que encuentra en el paso.

Si la combustion se efectúa sin el socorro del aire, el oxígeno que produce este fenómeno no está disuelto por el calórico y lumínico en forma fluida, por lo que no hay casi separacion de estos fluidos: asi esta especie de combustiones se hace comunmente sin llama, y el calor producido jamas es considerable.

1127. Bajo estos principios es fácil formarse una idea clara de lo que se debe entender por combustibilidad é inflamabilidad. Los cuerpos combustibles son los que tienen la propiedad de descomponer al gas oxígeno, y de quitar su base al calórico y al lumínico que le estaban unidos. La combustibilidad de los cuerpos aumenta en razon de la atraccion que tienen para esta base, y la combustion consiste en la union del oxígeno con el cuerpo combustible. A medida que se efectúa esta union se separan el lumínico y el calórico, y se presentan haciéndose sensibles en forma de calor y de luz. Hay cuerpos combustibles que desprendiendo lentamente el calórico y lumínico no dan mas que calor cuando queman, otros al contrario separando rápidamente estos fluidos, los hacen parecer bajo la forma de una brillante luz y ardiente calor. En ciertas combustiones efectuadas en el aire, los combustibles atraen al oxígeno con la mayor facilidad. Otros necesitan para combinarse con el oxígeno una alta temperatura la que parece favorecer la atraccion del cuerpo combustible para esta base. Esta teoría aclara mucho todos los fenómenos que acompañan á la combustion. Ella hace ver por qué un cuerpo deja de ser combustible desde que su afinidad para el oxígeno está ya satisfecha; por qué vuelve á ser combustible desde que se le ha quitado el oxígeno por medio de otro cuerpo que tenga mayor atraccion con este principio. Esplica del modo mas satisfactorio el aumento de peso del cuerpo quemado, sin variacion de estado, el mefitismo del aire atmosférico despues de la combustion, la llama, el calor, el enrarecimiento que suceden en toda combustion que se hace por el concurso del aire. Falta pasar la vista, aunque rápidamente por la doctrina del flogístico, la que no obstante los em-

bates que la química moderna le hace sufrir, cuenta aun algunos químicos partidarios suyos.

1128. Entre los químicos que en la antigüedad les ha ocupado la combustion, *Sthaal* parece ser el que mas ha reflexionado sobre ella. El resultado de sus profundas indagaciones le condujo á atribuir este fenómeno al fuego fijado en los cuerpos que gozan de la combustibilidad: pretendió que su combustion no era otra cosa que la separacion del fuego y su paso al estado de libertad. Todos los cuerpos inflamables contienen pues, segun *Sthaal*, fuego fijado ó combinado, al que llama *flogisto*, y que en su opinion es el único principio de su inflamabilidad. *Sthaal* mira este principio como perfectamente idéntico en todas las sustancias que lo encierran, cualquiera que sea su naturaleza. Basta que las sustancias sean combustibles para que reconozca en ellas la presencia de una grande cantidad de fuego fijado ó flogisto. Asi segun *Sthaal*, el azufre, el carbon, los metales, los aceites, el fósforo deben sus propiedades á la presencia del fuego fijado, y si presentan diferencias relativamente á su forma, pesadez, color etc., estas reconocen por causa los diferentes principios con que el flogisto está combinado.

Una larga discusion sobre esta teoría y sobre las dificultades que se le oponen, nos haria salir de los límites prescritos á esta obra. Me contentaré con hacer observar que *Sthaal* jamas definió de un modo exacto y riguroso lo que llama flogisto, que no advirtió la necesidad del gas oxígeno en la combustion, que parece haber ignorado que este fluido aeriforme tiene en ella el mayor influjo. Asi es que no previó una objecion que es un escollo inevitable para la teoría que propone.

1129. Si la combustion consiste en la separacion del flogístico, es evidente que es una descomposicion en la que el cuerpo combustible pierde uno de sus principios; ¿pero cómo puede suceder el que se pierda uno de sus principios y adquiera un peso mayor con esta pérdida? Los físicos modernos han conocido mejor toda la fuerza de esta objecion, y la imposibilidad en que se hallan de contestar á ella, admitiendo la teoría de *Sthaal*, tal

como su autor nos la transmitió. Asi es que los partidarios de esta doctrina han procurado rectificarla sustituyendo al flogisto de *Sthaal* la base del hidrógeno, la que, segun ellos, se halla en todos los combustibles. Pretenden que á medida que se efectúa la combustion se separa el hidrógeno y se combina con el gas oxígeno, y que el aire fijo que segun ellos es el resultado de esta combinacion, se fija en el cuerpo en ignicion y aumenta su peso.

1130. Para destruir esta esplicacion basta notar que aun cuando se hubiese demostrado que el hidrógeno es un principio comun á todas las sustancias combustibles, no quedaria menos probado que es el aire el verdadero combustible, que es el que suministra en grande parte el calórico y lumínico durante el acto de la combustion; y la doctrina del flogisto no se veria menos obligada á pedir socorros á la nueva teoría para esplicar los fenómenos de la calcinacion y de la combustion.

CAPÍTULO II.

DE LA RESPIRACION.

1131. La respiracion es una funcion por la que inspiramos y espiramos alternativamente una porcion de la masa de aire en que vivimos.

Los antiguos filósofos conocieron este fenómeno é intentaron esplicarlo; pero todos los esfuerzos se redujeron á hipóteses mas ó menos brillantes que la imaginacion concibió y que la razon condenó al olvido. Solo los descubrimientos modernos en el estado actual de conocimientos pueden ilustrarnos sobre esta importante funcion del cuerpo humano. Pondré algunos principios que sirvan de base para su esplicacion.

Primer principio.

1132. Los animales no pueden vivir sin el socorro del aire atmosférico. Este principio es generalmente conocido.

Segundo principio.

1133. El aire atmosférico es una mezcla de dos sustancias diferentes, el oxígeno y el nitrógeno ó azoe fluidificados por el calórico los que forman un sobre-compuesto homogéneo. Esta verdad estriba en hechos incontestables que se han manifestado ya hablando de las propiedades químicas del aire atmosférico, (número 383 y siguientes).

Tercer principio.

1134. La propiedad que tiene el aire de servir para la respiracion no es debida sino á la parte oxígeno de su masa.

El aire atmosférico es un compuesto de gas nitrógeno y de gas oxígeno. Se ha demostrado que el gas nitrógeno es impropio para la respiracion. La facultad que tiene el aire de servir para esta funcion del cuerpo humano no es pues debida mas que á la parte oxígeno del aire atmosférico.

Cuarto principio.

1135. El agua está compuesta de las bases del gas hidrógeno y del gas oxígeno.

Quinto principio.

1136. En el acto de la respiracion se forma agua.

Lavoisier puso un conejillo de indias en una campana llena de aire atmosférico y vuelta boca abajo sobre el mercurio. Recogió despues el gas ácido carbónico que se formó durante esta operacion; y despues de haber determinado la cantidad de gas oxígeno que entraba en su composicion, conoció que no formaba mas que como las cuatro quintas partes del volúmen del aire que se habia consumido. ,,Es pues evidente, concluyó este físico, que independientemente de la porcion de gas oxígeno que se convirtió en gas ácido carbónico, una parte del que ha entrado en los pulmones no ha salido de ellos en estado aeriforme: de que se sigue que durante la respiracion sucede una de dos cosas, ó que

una porcion de oxígeno se une con la sangre, ó bien que se combina con una porcion de hidrógeno para formar agua." Esta última opinion es preferible, y los motivos que deciden de su preferencia son los que siguen.

1137. Está reconocido de mucho tiempo acá que la sangre en su circulacion sufre una mutacion notable en su color; que cuando pasa en las venas capilares, toma un color cárdeno oscuro, el que pronto desaparece y pasa á un hermoso rojo cuando atraviesa los pulmones. De este fenómeno se ignoraba la causa. *Cigna* y *Priestley* son los primeros que empezaron á aclarar este objeto. Estos dos físicos observaron que esponiendo sangre venosa, y sangre arterial á la accion del gas oxígeno y del gas hidrógeno, resultaba el mismo efecto. *Seguin* repitió los mismos esperimentos, y vió que la sangre arterial puesta en contacto con el gas hidrógeno absorve á este fluido, y toma el color cárdeno oscuro de la sangre venosa al paso que á la sangre venosa puesta en contacto con gas oxígeno la convierte en parte en gas ácido carbónico, y adquiere entonces el color encarnado de sangre arterial. El *Dr. Priestley* halló que estos efectos suceden igualmente cuando se interpone una vejiga delgada entre la sangre y el gas.

1138. Los esperimentos del *Dr. Hamilton* son tambien muy concluyentes. Hizo tres ligaduras en la vena jugular de un gato. Habiendo sacado la sangre comprendida entre dos ligaduras, introdujo en este espacio gas hidrógeno cerrando inmediatamente la abertura por la que lo habia introducido. Quitó despues la ligadura del medio, y la sangre comprendida entre esta ligadura y la tercera se halló en contacto con el gas hidrógeno. Despues de una hora la sangre habia adquirido un color casi tan negro como la tinta.

1139. Hizo al mismo tiempo dos ligaduras en la vena crural del mismo animal, é interceptó por cerca el espacio de una hora la misma cantidad de sangre que en el esperimento anterior; habiéndola sacado no la halló con el color, con mucha diferencia de la primera.

1140. Estos esperimentos demuestran que la sangre arterial

sufre en las venas capilares la misma variacion de color que cuando se halla espuesta á la accion del gas hidrógeno: de que se puede concluir con *Lavoisier* y *Crawford*: 1.° que la mutacion de color que la sangre arterial esperimenta en las venas proviene de su combinacion con una nueva cantidad de hidrógeno; 2.° que pasando á los pulmones vuelve á tomar la sangre venosa un color encarnado, porque cede al gas oxígeno una porcion de su hidrógeno; 3.° en fin que durante el acto de la respiracion una porcion del gas oxígeno que se recibe en los pulmones se combina con el gas hidrógeno separándolo de la sangre en forma de agua.

1141. En vano se objetará que el gas hidrógeno y el gas oxígeno no se combinan sino cuando se les presenta un cuerpo inflamado. Los esperimentos de *M. Berthollet* prueban hasta la evidencia que el gas hidrógeno, cuando está para fluidificarse (ó lo que es lo mismo, el hidrógeno no teniendo mas que muy poca adherencia con el cuerpo con quien está combinado) es capaz de unirse con el gas oxígeno en la temperatura ordinaria de la atmósfera. Es evidente que en este caso la combinacion del oxígeno y del hidrógeno no es contrarestada por la atraccion del calórico con el hidrógeno, pues que las materias animales no contienen hidrógeno en estado de gas, sí solamente hidrógeno.

Sexto principio.

1142. Durante la inspiracion una gran parte del oxígeno que entra en la composicion del aire atmosférico, se muda en nuestros pulmones en gas ácido carbónico.

Si se hace pasar el gas que sale de los pulmones al traves del agua de cal, esta se enturbia: si se recibe el gas en tintura de tornasol, esta se enrojece; y si se sustituye álcali puro á la tintura de tornasol, se hace efervescente. Todos estos hechos atestiguan la verdad de este principio.

1143. No se diga que la ausencia de carbon en los pulmones deberia impedir la formacion de gas ácido carbónico. Todo el gas hidrógeno que se saca de materias animales tiene carbon en disolucion, de que se sigue que mientras que una porcion del gas

oxígeno que entra en los pulmones se combina con el hidrógeno separado de la sangre para formar agua, el carbon que está disuelto por el hidrógeno se combina con otra parte del gas oxígeno para formar el gas ácido carbónico. Es importante notar que si las partecillas del carbon no estuviesen muy divididas por este estado de disolucion en el hidrógeno, no podrian combinarse con el oxígeno sino en la temperatura de cerca 150 grados del termómetro de *Reaumur*.

1144. La reunion de estos principios pone de un modo el mas evidente el fenómeno de la respiracion. De aqui se puede deducir que este fenómeno reconoce por causa la descomposicion de una parte del gas oxígeno que inspiramos. De esta descomposicion resulta el oxígeno que es la base y el calórico que daba á esta base la fluídez aeriforme. El oxígeno se combina en parte con el hidrógeno separado de la sangre para formar agua, y en parte con el carbon que estaba disuelto por el hidrógeno para formar gas ácido carbónico.

¿Pero qué se hace del calórico? En el capítulo que sigue se hallará la resolucion de este problema.

CAPÍTULO III.

DEL CALOR ANIMAL.

1145. Los bellos esperimentos del *Dr. Crawford* sobre el calor no permiten dudar que el gas oxígeno contenga una grande cantidad de calórico. De esta verdad se desprende que mientras en el acto de la respiracion la base del gas oxígeno se combina en parte con el hidrógeno separado de la sangre para formar agua, y en parte con el carbon que el hidrógeno tenia en disolucion para formar ácido carbónico, el calórico se separa en abundancia. Parte de este calórico abandonado por la base del gas oxígeno se emplea en dar la fluidez aeriforme al ácido carbónico; otra parte se queda en la sangre para darle el grado de calor y fluidez que le convienen. A esta parte de calórico se debe el reparo de

las pérdidas de este fluido que continuamente sufrimos por parte de la atmósfera y de los cuerpos que nos rodean.

Esta esplicacion del fenómeno del calor animal fue por primera vez propuesta como una simple sospecha. Luego despues se realizó por hechos multiplicados é incontestables esperimentos. Sobre este objeto nos limitaremos en las siguientes observaciones que nos parecen decisivas.

Primera observacion.

1146. No hay animales calientes en la naturaleza sino los que habitualmente respiran.

Segunda observacion.

1147. Entre los animales que habitualmente respiran aquellos cuyos pulmones son mayores con relacion á su volúmen tienen una temperatura mas elevada.

1148. Estas observaciones, cuya exactitud ningun físico pone en duda, bastan para probar que el calor animal depende de la descomposicion del gas oxígeno en los pulmones y del paso del calórico á la sangre; ¿pero cómo puede la temperatura de cada individuo mantenerse en el mismo grado desde el centro hasta á las estremidades? Los trabajos de *Seguin* nos han ilustrado mucho acerca de esta importante cuestion.

1149. Para comprender fácilmente la esplicacion que este físico dió de este fenómeno, es necesario mentar algunos principios que se han ya establecido hablando del calórico (núm. 725).

1150. Se ha visto que para elevar al mismo número de grados la temperatura de dos cuerpos heterogéneos iguales en masa, casi siempre es menester comunicarles cantidades diferentes de calórico, y para espresar estas diferencias nos hemos valido de la espresion *capacidad de los cuerpos para admitir el calórico entre sus moléculas.* Si por ejemplo dos cuerpos iguales en masa tienen una temperatura de 10 grados, y si para elevarlos á una temperatura de 40 grados es menester comunicar al uno una cantidad

de calórico doble de la que es menester comunicar al otro, se dice en este caso que la capacidad del primero es á la del segundo desde el grado décimo hasta al cuadragésimo como 2 á 1. Asi *la capacidad de un cuerpo para admitir al calórico entre sus moléculas es una medida indicativa de la cantidad de calórico que es menester comunicarle comparativamente á la que se ha de comunicar á otro cuerpo igual en masa y que tenga la misma temperatura, para elevarlos á uno y á otro á un mismo número de grados.*

1151. El *Dr. Crawford* ha demostrado que la capacidad de la sangre arterial es á la de la sangre venosa como 11,5 es á 10 poco mas ó menos; es decir que si para elevar la temperatura de medio kilógramo (cerca una libra) de sangre arterial desde cero del termómetro hasta treinta grados, se le ha de comunicar una cantidad de calórico representada por el número 11,5; para producir igual efecto en medio kilógramo (cerca una libra) de sangre venosa, no será menester mas que una cantidad de calórico representada por 10.

Por medio de estos esperimentos será fácil dar una esplicacion satisfactoria de la permanencia de la temperatura casi constante que se observa en todas las partes de nuestro sistema.

1152. Siendo mas fuerte la atraccion que tiene el hidrógeno carbonado con el oxígeno, que la suma de las atracciones del oxígeno con el calórico, y del hidrógeno carbonado con la sangre, el gas oxígeno se descompone en la inspiracion, y entonces abandona una parte de su calórico, el que se une á la sangre cuya capacidad se halla aumentada por la pérdida de una porcion de su hidrógeno carbonado; pero la sangre arterial circulando, recibe del sistema que está siempre en un estado mas ó menos putrescente, una cantidad de hidrógeno carbonado, durante cuya mutacion su capacidad se va disminuyendo, y abandona parte del calórico que habia absorvido en los pulmones. Este calórico se va entonces á los humores inmediatos y eleva su temperatura de un modo á poca diferencia uniforme. Asi es que debemos á la mutacion de sangre arterial en venosa, y de venosa en arterial

la permanencia de temperatura casi constante que se observa en casi todas las partes de nuestro sistema.

1153. *M. Seguin* ha adelantado aun mas las consecuencias que se pueden deducir de estos principios. Los calofrios, dice, que se sienten en el principio de las calenturas, son precedidos de un estado de languidez, de un sentimiento de debilidad y de disminucion en la fuerza de contraccion del corazon y de las arterias. El pulso en este caso siendo mas débil que en lo comun, la cantidad de sangre que va á los pulmones en un tiempo dado, disminuye; por lo que se descompone menor cantidad de gas, y de consiguiente se comunica menor cantidad de calórico al todo del sistema. Fórmase luego un espasmo en la superficie de la piel, la sangre es abundantemente enviada al corazon, las contracciones suceden con mayor frecuencia, la circulacion se acelera, se aumenta la cantidad de gas oxígeno descompuesto, siguiendo la misma razon la difusion de calórico por todo el sistema.

1154. En las calenturas pútridas, prosigue este físico, es menester aun añadir á la aceleracion de la circulacion y de la respiracion el estado putrescente del sistema, el que aumenta la dósis del hidrógeno carbonado que regularmente contiene la sangre venosa. Es probable que por este motivo jamas la temperatura del cuerpo humano es tan elevada como en esta especie de calentura. Se debe advertir que si alguna causa particular no disminuyera este grande aumento de temperatura, el animal prontamente pereceria; pero la rápida evaporacion y la considerable emision de calórico al aire ambiente son dos medios que la naturaleza emplea con buen suceso para calmar este accidente.

1155. *Lavoisier* creyó hallar en la misma causa el orígen del calor que produce un ejercicio violento. Cuando se hace, dice, un movimiento violento, como cuando se lleva un fardo pesado, ó cuando se sube un monte etc., la circulacion de la sangre es acelerada; pasa por los pulmones una mayor cantidad de este líquido en un tiempo dado: hay pues una mayor masa de gas oxígeno descompuesto, y por consiguiente mayor separacion de calórico que se comunica á la sangre.

Cuanto mas seductivas son estas dos últimas esplicaciones, tanto mas debe estar sobre sí un físico observador para no dar contra el peligroso escollo de una adhesion precipitada. Ellas estan apoyadas sobre hechos cuya existencia está comprobada por *Delametheric*, el que pretende (*Jornal de física*, cuaderno de enero 1791, pág. 26), 1.º que la respiracion es á menudo mas precipitada en el calofrio de las calenturas intermitentes, que en el estado natural; 2.º que la respiracion no es mas acelerada cuando se sufre el calor producido por la fiebre ó cualquier otro ejercicio violento, que en el estado natural. Este conflicto de testimonios invita á los físicos á comprobar estos hechos; y el resultado de esta verificacion es lo que debe destruir ó confirmar estas ingeniosas esplicaciones.

CAPÍTULO IV.

DE LA VEJETACION.

1156. La vejetacion es un fenómeno que consiste en la formacion, aumento y perfeccion de los cuerpos de la naturaleza que se conocen con el nombre de vejetales.

1157. La vida y el aumento son los principales caractéres que distinguen á estos seres organizados fijados en la superficie de la tierra; se diferencian de los animales en que no tienen movimiento y sensibilidad, y se distinguen de los minerales en que se nudren por *intus-sumcion*, y en que preparan los jugos destinados á su nutricion.

1158. Los antiguos no tuvieron mas que ideas falsas, ú oscuras sobre este importante fenómeno. Creian generalmente que la tierra en que se ven vejetar las plantas era su nutricion favorita, y que por sí misma contribuia á la formacion de su sustancia.

1159. Los esperimentos de *Vanhelmon* y de *Boile* disiparon estos funestos errores. El primero plantó un sauce que pesaba 25 kilógramos (50 libras) en una caja cubierta de una platina de estaño que contenia 50 kilógramos (100 libras) de tierra que cuidó siempre de regar con agua muy pura. El árbol brotó podero-

samente, y á los cinco años pesaba 85 kilógramos (170 libras). La tierra no habia perdido mas que 60 gramos (2 onzas) de su peso.

1160. *Boile* sembró semilla de calabaza en una tierra que habia hecho secar en un horno, y la roció con agua muy pura: obtuvo una calabaza de peso de $1\frac{1}{2}$ kilógramo (3 libras) y otra del peso 7 kilógramos (14 libras). Pesada de nuevo la tierra halló que no habia sufrido pérdida sensible de peso.

1161. Muchos físicos han repetido con el mismo suceso semejantes esperimentos. *Eller* refiere en las memorias de la academia de Berlin, año de 1746, que habiendo puesto una semilla de cidracayote en 8 kilógramos (cerca 16 libras) de tierra, obtuvo al fin del otoño dos frutos que pesaban con la planta cerca de 12 kilógramos (24 libras), que dejaron en su combustion 160 gramos (5 onzas y algunos granos) de ceniza, y que la tierra secada como la primera vez no habia perdido mas que 15 gramos (media onza) de peso.

1162. *Bonnet* obtuvo flores muy olorosas y frutos muy esquisitos haciendo vejetar las plantas en musgo humectado.

1163. Cada dia vemos criarse plantas bulbosas y gramineas en botellas ó platos en que no se pone mas que agua.

1164. La reunion de todos estos hechos nos conduce á concluir que la tierra no es el alimento predilecto de los vejetales, que tampoco es necesaria para la vejetacion y que no influye en la produccion de las plantas, sino en cuanto sirve de esponja, para decirlo asi, para conservar á sus raices la frescura y humedad convenientes á la vejetacion.

1165. Si es cierto que la tierra no suministra á las plantas la materia de su nutricion, deben principalmente recibirla del agua y del aire que las rodean. Todos los físicos estan acordes de mucho tiempo acá sobre este punto; pero débese á la química moderna el conocimiento de los fluidos que contribuyen á la produccion de los principios que constituyen los vejetales.

1166. Para apreciar toda esta influencia es preciso advertir que en la descomposicion de los vejetales por medio de la destilacion se obtiene siempre gas ácido carbónico que no existia for

mado en el vejetal. Luego el carbon es parte constitutiva de todos los vejetales. Saben todos que el aceite es muy abundante en el reino vejetal: por lo que el hidrógeno es tambien uno de los principios constitutivos de los vejetales, por ser rigurosamente demostrado que es parte esencial del aceite. La mayor parte de los vejetales tienen un ácido particular independientemente del que producen cuando se estrae en retorta: contienen pues oxígeno que es el principio acidificante. Algunas plantas tales como las cruciferas dan amoníaco en su destilacion; por consiguiente tienen de necesidad nitrógeno como se demostrará luego.

1167. El carbon, el hidrógeno y el oxígeno son pues los tres elementos que entran principalmente en la composicion de todos los vejetales. El nitrógeno no se halla sino en algunas plantas privilegiadas.

1168. Pero ¿cómo puede ser que el agua y el aire concurran en la formacion de estos productos? *Sennebier* pretende que en el acto de la vejetacion, las plantas reciben el carbon del gas ácido carbónico, de que el aire y el agua que las rodean no estan jamas desprovistos enteramente. Toman el hidrógeno del agua á la que descomponen como tambien al gas ácido carbónico. No es dificil señalar el manantial de la parte de oxígeno que debe entrar en la composicion de los principios de estos seres organizados, pues que la descomposicion del agua suministra una cantidad considerable que los rodea sin cesar. El nitrógeno en fin que es parte constitutiva de algunas plantas se lo proporciona la putrefaccion de las sustancias animales que se hallan mezcladas con la tierra en que estan radicadas las plantas.

Pero ¿en qué circunstancias las plantas que vejetan tienen la propiedad de descomponer el agua y el gas ácido carbónico? Referiré los esperimentos en que *Sennebier* funda su opinion acerca de este objeto. Es un hecho apoyado en esperimentos multiplicados por el *Dr. Ingenhous*, y por un grande número de físicos, que las plantas esparcen en la atmósfera una considerable cantidad de gas oxígeno. Pero esta propiedad solo la tienen mientras estan espuestas á la luz y al contacto de los rayos del sol. Tiene

pues la luz solar un grande influjo sobre la descomposicion del agua por medio de las plantas que vejetan. Ella es la que mientras que las plantas se amparan del hidrógeno del agua atrae poderosamente al oxígeno, se combina con esta s ustancia, le da la fluidez aeriforme y facilita asi su evasion á la atmósfera, para reparar las pérdidas que esperimenta la pureza del aire por la respiracion de los animales. No se puede dudar de esta verdad si se atiende 1.° que el agua es la única sustancia que puede suministrar á los vejetales el hidrógeno que entra en su composicion; 2.° que los guisantes desprenden gas hidrógeno en el acto de la jerminacion, segun las observaciones de *Sennebier* y *Huber*; 3.° que las plantas dan mucho menos agua por la evaporacion que la que absorven por las raices, como lo testifican las innumerables esperiencias de *Sennebier*; 4.° que la sombra cambia enteramente la propiedad que tienen las plantas de purificar la atmósfera. No dan sino gas ácido carbónico cuando estan privadas del contacto de la luz; esta privacion es un obstáculo para la descomposicion del agua. Este líquido es en tal caso enteramente absorvido por las plantas que se ponen blancas, insípidas, enfermizas y que contienen mucha menor materia colorante, combustible ó aceitosa, que las que estan espuestas á la luz solar (1).

1169. *Sennebier* juzga que el gas ácido carbónico es tambien descompuesto por la luz solar en el acto de la vejetacion y que á esta descomposicion es debido en gran parte el gas oxígeno que las plantas dan á la atmósfera. He aqui los esperimentos mas concluyentes á favor de esta opinion. Este físico saturó el agua de gas ácido carbónico en diversas proporciones, y colocó en ella hojas

---

(1) Huber *ha observado que en la oscuridad plantas espuestas á una corriente de aire han enverdecido.*

Sennebier *atribuye el ponerse enfermizas las plantas á la descomposicion del ácido carbónico que él admite en ellas. Aplica los mismos principios para esplicar la madurez de los frutos.*

Véase la fisiologia vejetal.

que espuso al sol; hizo el mismo esperimento con agua comun y agua despojada por la ebulicion de todo el aire que contenia. Las hojas espuestas en el agua cocida al sol, no dieron aire; las que se pusieron de este modo en el agua comun, suministraron una pequeña cantidad de aire; y todas las que se pusieron en el agua mas ó menos cargada de gas ácido carbónico, dejaron desprender mucha mayor cantidad.

1170. Para dar mas fuerza á sus pruebas, *Sennebier* buscó si el agua cargada de gas ácido carbónico que habia favorecido una produccion tan grande de gas oxígeno durante un dia, produciria el efecto en el dia siguiente; pero halló que el poder de esta agua se habia disminuido mucho, y que la perdió del todo cuando se continuaba en esponer las hojas al sol en esta agua, que se reducia en fin al estado de agua cocida por la pérdida de su gas carbónico. Estableció el mismo hecho con mas prontitud; suprimió el influjo del agua aireada sobre las hojas, mezclándola con una cantidad de agua de cal suficiente para quitarle todo su gas ácido carbónico, haciéndola simplemente hervir: entonces las hojas que con ella espuso al sol no produjeron mas gas oxigeno como antes: volvió no obstante á esta agua su primera propiedad como tambien al agua hervida, introduciendo poco á poco ó á la vez una cierta cantidad de gas ácido carbónico.

1171. Estos esperimentos no presentan mas que tres objetos á que deba fijarse la atencion en el recipiente lleno de agua aireada, cuando se ha colocado en él una hoja espuesta al sol: *el agua, el gas ácido carbònico y la hoja.* El agua no es el manantial de todo este gas oxígeno, pues que las hojas no dan casi gas oxígeno, espuestas dentro de agua destilada al sol ó en agua bien hervida. Tampoco es la hoja, pues que en el caso de que se acaba de hablar las hojas no suministran aire. Ya que se han de escluir estas dos sustancias, porque no pueden ser ellas la causa del gas oxígeno recogido cuando se esponen las hojas al sol bajo del agua aireada, es preciso confesar que el gas ácido carbónico contenido en esta agua es verosimilmente la causa productriz de este gas oxígeno.

1172. Estas pruebas adquieren mayor fuerza al reflexionar so-

bre el siguiente esperimento que se debe al mismo físico. Hojas de sangüesa á las que se les habia quitado el aire por medio de la máquina neumática, puestas debajo agua hervida y pasadas inmediatamente debajo del recipiente lleno de agua aireada sin haber estado en contacto con el aire comun, dieron cerca de diez y seis veces mas de gas oxígeno del que la máquina neumática habia estraido formando el vacío.

1173. Asi pues ya que estas hojas privadas de aire dan en el sol gas oxígeno en agua aireada, resulta que el gas oxígeno debe haber sido producido por el gas ácido carbónico contenido en el agua.

1174. *Sennebier* deduce de los esperimentos que se acaban de referir las siguientes consecuencias: 1.º el gas oxígeno producido por las hojas puestas en el sol debajo el agua aireada es sin duda elaborado por ellas, pues que el agua aireada espuesta al sol debajo un recipiente que la contenga no da aire; 2.º el gas ácido carbónico siendo compuesto de oxígeno y de carbon, se concibe fácilmente como puede producir el gas oxígeno dado por las hojas espuestas al sol en agua aireada. Este efecto es debido á la luz que se combina con el oxígeno, de la misma manera que con el calórico, con el que tiene mucha analogía. De otra parte el carbon que tiene poca atraccion con el lumínico se fija en la planta para combinarse con ella y formar los aceites y resinas etc.

1175. ¿Cuál es el manantial de donde las plantas que vejetan en libre atmósfera pueden sacar el gas ácido carbónico? Parece, 1.º que se introduce en ellas disuelto en el agua por medio de las raices que lo absorven con la sabia que va subiendo; 2.º por el rocío y las nieblas que se deponen en sus hojas. Estas aguas que las cubren se amparan entonces de la pequeña cantidad de gas ácido carbónico contenido en la atmósfera y las hojas lo descomponen con el ausilio de la luz. Los esperimentos de *Sennebier* y de *Morozzo* parecen añadir mayor probabilidad á esta conjetura; todos concurren á manifestar que el rocío y las nieblas contienen gas ácido carbónico.

1176. De lo que se acaba de esponer es fácil deducir que el

agua y el gas ácido carbónico son descompuestos en el acto de la vejetacion. El hidrógeno del agua y el carbon del gas ácido carbónico se introducen en la planta con una cierta cantidad de oxígeno para formar los principios constitutivos, mientras que el resto del oxígeno fluidificado por el calórico y la luz marcha á la atmósfera.

1177. El agua y el aire no son los solos fluidos que concurren á la vejetacion de las plantas. Se verá despues que el fluido eléctrico y el fluido magnético contribuyen probablemente mucho en la produccion de este importante fenómeno.

CAPÍTULO V.

DE LA FERMENTACION.

Despues de haber esplicado el fenómeno de la vejetacion de las plantas, queda que indagar la causa de las alteraciones que esperimentan en diferentes circunstancias. Estas alteraciones se deben á un fenómeno particular que se llama *fermentacion*, del que los descubrimientos modernos nos dan una esplicacion satisfactoria.

1178. La fermentacion es un movimiento espontáneo que se escita en un vejetal, y que muda del todo sus propiedades. Este movimiento es propio de los fluidos de los cuerpos organizados, y solo son susceptibles de él las sustancias elaboradas por el principio de la vida vejetal ó animal.

1179. Se distinguen tres especies de fermentacion: *la fermentacion vinosa, la fermentacion pútrida y la fermentacion acetosa.* Se manifestará en pocas palabras cuales son los fenómenos particulares que las distinguen.

1180. Es bien conocido el arte de hacer el vino y en general todos los licores fermentados. Este consiste en poner las uvas en una cuba, en esponerlas á un calor de mas de 10 grados termómetro de *Reaumur*, en pisarlas, agitarlas y en esparcir un poco de agua al mosto que resulta, si no tiene bastante fluidez. Se escita despues una fermentacion rápida la que aumenta progresiva-

mente. Cuando ha adquirido su mayor grado de actividad se produce un calor de cerca 18 grados segun *Rozzier*, y se separa siempre una cantidad considerable de gas ácido carbónico que forma encima de la cuba una capa que se distingue fácilmente del aire. El zumo de la uva ó el mosto de dulce y azucarado que era se muda en esta operacion en un licor vinoso que ya no contiene azúcar, y del que se puede sacar por medio de la destilacion un licor inflamable conocido con el nombre de *espiritu de vino*. Este licor siendo el producto de la fermentacion de una materia azucarada cualquiera, los químicos modernos han juzgado debérsele quitar su antigua denominacion para sustituirle la otra mas general de *alcohol* que han tomado de los árabes.

1181. Los físicos han discutido por mucho tiempo si era ventajoso descobajar ó no las uvas: parece que es inútil el descobajarlas cuando estan bien maduras. En este caso estan muy cargadas de materia azucarada; y el escobajo templa su dulzura por el principio amargo que da. Cuando las uvas no son bien maduras el zumo que nos dan no es muy azucarado, en cuyo caso el escobajo le daria amargor y estipticidad.

1182. Se quita el vino de la cuva cuando se han apaciguado todos los fenómenos de fermentacion. Entonces la masa se ha rebajado, ha tomado color, el licor se ha puesto mas claro y el calor ha desaparecido. Se pone el vino en toneles en que esperimenta una segunda fermentacion insensible, se clarifica, se acaba la combinacion de los principios, el gusto y el olor se desenvuelven con mayor fuerza y energía.

1183. Para volver los vinos espumosos no se necesita otra cosa que detener la fermentacion. Asi se detiene la salida del gas ácido carbónico: este fluido aeriforme está para decirlo asi encadenado dentro el licor el que recibe por su presencia la propiedad de ser espumoso.

1184. De lo que se acaba de decir resulta que el alcohol y el gas ácido carbónico son los dos productos de la fermentacion vinosa. La formacion de estos productos reconoce por causa la descomposicion de la sustancia vejetal azucarada. Para entender

bien lo que sucede en esta operacion es menester acordarse de lo que se ha establecido en el capítulo precedente, á saber, que el hidrógeno, el carbon y el oxígeno son los principios constitutivos de los vejetales. *Lavoisier* juzga que los vejetales contienen estos tres elementos en un estado de equilibrio. La fermentacion destruyendo la atraccion recíproca de estos tres principios, destruye el reposo y el equilibrio: quitando el equilibrio se forman nuevas combinaciones. Una porcion de oxígeno se une á otra de carbon para producir el gas ácido carbónico, otra porcion de oxígeno, y otra porcion de carbon se unen con el hidrógeno para formar una sustancia combustible muy ligera que constituye el alcohol.

1185. En la fermentacion pútrida los tres principios constitutivos de los vejetales pierden su equilibrio como en la fermentacion vinosa; pero es diferente el resultado de su nueva combinacion. Todo el hidrógeno se disipa bajo la forma de gas, mientras que el oxígeno se reune con el calórico y con el carbon para producir gas ácido carbónico: de que se sigue que la putrefaccion de los vejetales no es otra cosa que una completa analísis de estas sustancias, en la que todos sus principios se separan en forma de gas á escepcion de la tierra que queda.

1186. Este es el resultado de la putrefaccion cuando las sustancias vejetales fermentan solas; pero la fermentacion es en este caso muy lenta y dificil. Asi para favorecer la putrefaccion se ha de procurar mezclar materias animales con materias vejetales. El nitrógeno que siempre contienen las materias animales (1) acelera mucho la putrefaccion. La introduccion del nitrógeno en las materias de la putrefaccion no contribuye solamente á la aceleracion de los fenómenos sino que tambien concurre á la produccion del amoníaco, el que como se ha demostrado tratando de este fluido aeriforme resulta de la combinacion del nitrógeno con el hidrógeno.

---

(1) *Los principios constitutivos de las materias animales son el hidrógeno, el carbon, el oxigeno, el nitrógeno y el fósforo.*

1187. La fermentacion acetosa no es otra cosa que la acidificacion del vino por la absorcion del oxígeno. Las pruebas de esta verdad no dejan duda alguna: 1.º El vino no puede convertirse en vinagre sino estando en contacto con el aire, y en cuanto este aire contiene gas oxígeno; 2.º esta operacion es acompañada de una disminucion de volúmen del aire en que se efectúa, y esta disminucion depende de la absorcion del oxígeno; 3.º en fin se puede transformar el vino en vinagre oxigenándole de un modo cualquiera.

1188. El proceder que está mas en uso para hacer vinagre es aun el mismo que nos transmitió *Boerhaabe*, el que consiste en disponer dos toneles en un parage caliente; se ponen dos tejidos de mimbres á cierta distancia de los fondos, se estienden encima raspas y sarmientos, se llena de vino uno de los toneles y el otro solo hasta su mitad, empieza la fermentacion en este último y cuando está bien establecida se templa llenando el tonel con el vino del otro: en este caso la fermentacion se manifiesta en el segundo y se modera llenándole de la misma manera; se continúa vaciando y llenando los dos toneles hasta que el vinagre esté bien formado. Doce ó quince dias son lo suficiente para obtenerlo en este estado.

1189. Se ha observado que el agua destilada impregnada de gas vinoso da vinagre al cabo de algunos meses: para obtenerlo es menester colocar el agua en un recipiente sobre el mosto cuando fermenta, el agua se satura de gas ácido carbónico el que arrastra probablemente una parte de mucilago, solo principio propio para sufrir la fermentacion acetosa.

LIBRO DÉCIMO.

DE LOS ÁLCALIS Y DE LAS TIERRAS.

CAPÍTULO PRIMERO.

DE LOS ÁLCALIS.

PARRAFO PRIMERO.

De la naturaleza y propiedades generales de los álcalis.

1190. Llámase *álcali* toda sustancia caracterizada por las siguientes propiedades.

1.º Sabor acre, urinoso y cáustico.

2.º Solubilidad en el agua.

3.º Propiedad de poner mas ó menos verde el jarabe de violetas, el rojo de los claveles, el de las rosas, la corteza de rábanos, la tintura azul de la malva, y de hacer pasar á rojo oscuro, ó á violado la tintura amarilla de curcuma, ó *tierra merita*.

4.º La facultad de unirse con facilidad y estrechamente con los ácidos para formar con ellos sales propiamente dichas.

Es fácil ver que estas propiedades que sirven cuando estan reunidas para manifestar la presencia de un álcali, emanan todas de la virtud atractiva, que anima las moléculas de la materia cuando estan en contacto.

1191. Se creia aun hácia mediados del siglo décimo séptimo que las sales eran cuerpos simples. Con el aumento de luces, la analísis descubrió que las sales se componen de ácidos combinados con las sustancias alcalinas térreas y metálicas. En estos últi-

mos tiempos se ha visto la necesidad de hacer con los principios de las sales lo que se habia hecho con las sales mismas. *Lavoisier* descompuso los ácidos y dejó para un sabio tambien ilustre, pero mas moderno, la gloria de manifestarnos la composicion de los álcalis y de las tierras. Se verá pronto que las sustancias alcalinas y térreas no son otra cosa que óxides metálicos.

1192. Se distinguen tres álcalis, es á saber, la potasa, la sosa y el amoníaco. Los dos primeros pueden ser mirados como álcalis fijos, no porque absolutamente no pueden ser volatilizados, sino porque comparándolos con el tercero que se reduce fácilmente á gas, su vaporizacion es verdaderamente dificil: de aqui depende que el amoníaco ha recibido el nombre de *álcali volatil.*

§ II.

De la potasa.

1193. Si se quema un vejetal en un aparato destilatorio en el aire libre todos los principios volátiles del vejetal se escapan. No queda despues de la combustion mas que una pequeña porcion de materia terrosa de color gris conocida con el nombre de *ceniza*, la que contiene las sales, principios verdaderamente fijos que entran en la constitucion de los vejetales: esta tierra ó ceniza contiene una sustancia á que se da el nombre de *potasa* ó *álcali fijo vejetal.*

Para obtenerla se lavan las cenizas en agua; el agua se carga de la potasa por ser disoluble, y deja la tierra que es insoluble; evaporando despues el agua se obtiene la potasa que es fija aun en muy alto grado de calor, la que queda bajo una forma blanca y concreta.

1194. La potasa que se obtiene por medio de la formacion de lejías y de la evaporacion, no tiene el grado de pureza que es necesario en ciertas circunstancias. Está siempre combinada con el ácido carbónico y mezclada con diferentes sustancias que alteran su pureza.

Para separar la potasa se disuelve en la menor cantidad de

agua posible, se filtra el sulfate de potasa como menos soluble, queda encima con las tierras, se deslie mas la disolucion con veinte partes de agua, y se añaden dos de cal viva que se acaba de apagar, con el fin de que sea mas dividida, y que se disuelva mejor. Se opera asi en grande cantidad de agua porque la cal es poco soluble, y segun parece solo la que está disuelta obra sobre el carbonate de potasa. Se hace hervir el licor hasta que no precipita mas el agua de cal. Entonces se acelera la evaporacion en una caldera de hierro ó de cobre estañado hasta que tenga consistencia de miel; se añade en esceso alcohol que sea á lo menos de 37 grados, se hace hervir, el alcohol disuelve esclusivamente la potasa pura: en este estado se vierte el todo en un frasco en que se efectúa la separacion con el reposo. Al instante se percibe 1.° una capa de potasa disuelta en el alcohol bajo forma de aceite transparente amarillo; 2.° debajo se nota una segunda capa formada por las sales contenidas en la potasa, las que estan disueltas en el agua del alcohol ó de la potasa; 3.° en fin se ven debajo las tierras las sales insolubles, el esceso de las que estan disueltas en las capas superiores, se separa por medio de un sifon la capa superior, se destila el compuesto de alcohol y de potasa hasta reducirlo á un tercio, se quita el alcohol, se hace evaporar el tercio restante en un vaso de plata; se forma una película negruzca que es una resina debida al alcohol, se quita la espuma hasta que el licor sea claro, y se vierte sobre una plancha; se rompe á pedazos que se tiene cuidado de encerrar en frascos bien tapados para hacerlos inaccesibles al contacto del aire atmosférico.

1195. En este estado de pureza, la potasa se presenta bajo una forma seca y blanda, su sabor es tan fuerte que pone roja la piel y abre grietas en ella. Da al jarabe de violetas un color verde muy obscuro.

1196. Espuesta al aire atrae poderosamente la humedad, se deshace en licor y pasa al estado de sal por la absorcion del ácido carbónico, de que se ampara con mucha fuerza en el aire que la rodea; entonces es efervescente con los ácidos, lo que no sucede

jamas cuando por los medios anteriormente indicados se le ha vuelto su estado de pureza.

1197. La potasa se disuelve prontamente en el agua, y produce en este caso un grande calor, y exhala un olor muy fétido. Su disolucion no tiene color. Si se quiere separar de su disolvente es menester evaporarla en vasos cerrados hasta á sequedad; porque en el aire atrae al gas ácido carbónico, y se hace efervescente.

1198. La potasa se combina con las tierras siliceas, y las obliga á fundirse, en cuyo caso forma un cuerpo transparente conocido con el nombre de *vidrio.* Este cuerpo es vario segun la cantidad respectiva de sílice y de potasa que se ponen en la fabricacion. La pureza de estas dos sustancias, su proporcion, su completa fusion por medio de un fuego bastante fuerte y continuado por largo tiempo, son las condiciones necesarias para obtener un vidrio transparente, duro sin ampollas, y sobre todo inalterable en el aire.

1199. La potasa se une con el aceite por medio del calor, y de esta union resulta un compuesto soluble en el agua. Por razon de la potasa es que se emplean las cenizas en las lejias que se hacen para blanquear el lino; el oficio de la potasa en este caso es unirse con las sustancias grasas y oleosas, y hacerlas solubles en el agua.

1200. La potasa se combina con el azufre, y forma sulfureto de potasa; se hace esta combinacion, 1.° por la fusion de partes iguales de potasa y de azufre; 2.° haciendo dijerir la potasa pura y liquida sobre azufre: la potasa se pone de un color amarillo rojizo. Las disoluciones de azufre por un álcali son tambien conocidas con el nombre de *hígados de azufre;* únese la potasa al hidrógeno sulfurado, de que resulta hidrógeno sulfurado de potasa. Estos compuestos son de grandes usos en las artes.

1201. La potasa habia sido mirada como que pertenecia esclusivamente al reino vejetal. En el dia está demostrado que se halla abundantemente en los fosiles. *Vauquelin* probó que entra como elemento en la composicion del sulfate de alúmina ó alumbre.

1202. Hácia el año de 1807, *M. Davi* tuvo la feliz idea de sujetar á la accion de la electricidad galvánica, la potasa que habia resistido á todos los demas medios de la analísis, y despues de algunos ensayos infructuosos llegó á realizar esta idea. Licuó la potasa por el calor en una cajita de platina cuya superficie puso en contacto con el polo positivo de una pila compuesta de cien pares de planchas, cada una de 150 milimetros cuadrados. Tocó despues la potasa con el hilo que comunicaba en la estremidad del cobre ó negativa de la pila, y al instante se manifestó una luz viva en el hilo negativo, al paso que se elevó del punto de contacto una llama que provenia visiblemente de la separacion de una materia combustible.

En este esperimento los productos fueron consumidos al instante de formados. Para obtenerlos *M. Davi* puso un pedazo de potasa encima de una lámina de platina y la puso en contacto con las dos estremidades de la pila eléctrica mencionada. Establecida la comunicacion, la potasa se fundió por los dos lados porque estaban en contacto con la platina. Se vió en la parte superior una considerable efervescencia que provenia de la separacion del gas oxígeno. No se desprendió gas de la parte inferior ó negativa; pero se vieron pequeños globulillos de una grande brillantez metálica, y por los caracteres esteriores eran perfectamente parecidos al mercurio. Algunos de estos globulillos quemaron con esplosion y con llama brillante, mientras otros se cubrieron de una costra blanca que se formó en su superficie.

M. Davi ha probado que en el vacio se pueden tambien obtener semejantes globulillos, y que por consiguiente su produccion es independiente de la accion del aire atmosférico.

Se conservan estos globulillos sumerjiéndolos en nafta (1) in-

(1) *La nafta es una sustancia ligera que se presenta á menudo bajo la forma de un aceite sin color muy oloroso y muy inflamable. Se halla en la superficie del agua de algunos manantiales en Italia y en las orillas del mar Caspio. Su olor es muy penetrante sin ser desagradable.*

mediatamente despues de su formacion. El contacto del aire basta para convertir su superficie en potasa.

Si se aplica calor á estos globulillos espuestos á la accion del aire sobre mercurio en un tubo de vidrio graduado, se produce una combustion rápida acompañada de una llama blanquisca, brillante, y los globulillos se concentran en una sustancia blanca que no es otra cosa que potasa. En esta operacion el oxígeno es absorvido y el peso de la potasa es mayor que el de las esferillas consumidas.

Si se arroja en agua uno de estos globulillos sucede un desprendimiento súbito de gas hidrógeno, y el oxígeno del agua descompuesta se combina con el globulillo para formar otra vez álcali. Concurren pues la analísis y la síntesis en la demostracion de la composicion de la potasa. Los elementos de este álcali son el oxígeno, y una base que *M. Davi* ha llamado *potasium*, y que ha colocado entre los metales á los que se parece por su opacidad, brillantez, maleabilidad, y por el poder de conducir el calórico y la electricidad etc.

1203. *MM. Thenar* y *Gay-Lussac* han procurado despues de *M. Davi*, descomponer la potasa, lo que han obtenido sin el socorro de la pila eléctrica, por medio de las atracciones químicas. Su método da la base alcalina en un grado de pureza menor, pero la da en mayor cantidad que la analísis eléctrica. Este consiste en presentar la potasa á hierro incandescente, el que atrae con mayor fuerza al oxígeno que la base alcalina. Siendo á poca diferencia el aparato que sirve para este objeto el mismo que se emplea para la descomposicion del agua, creo inútil dar de él una descripcion circunstanciada. Me limitaré con decir que cuando las espirales de hierro estan bien limpias, la potasa muy seca y el aparato muy libre de todo cuerpo estraño, el metal que se produce difiere poco del que se obtiene por medio de la pila eléctrica. Su brillantez, su ductibilidad y su maleabilidad son parecidas, pero su punto de fusion y su gravedad son un poco mayores. *M. Davi* atribuye esta diferencia á un poco de hierro que contiene.

§ III.

De la sosa.

1204. La sosa, es como la potasa, un álcali que se saca de la lejía de las cenizas que dan las plantas para la combustion; pero solamente de aquellas que crecen en las orillas del mar y principalmente del *Cali*, de donde se deriva el nombre de álcali que se le ha dado por los árabes.

Se forman montones considerables, se cava al lado de estos montones un hoyo redondo que se ensancha hácia el fondo, y que tiene cerca de 1299 milimetros (4 pies) de profundidad; en este hoyo es en donde se queman los vejetales, y cuando la combustion es acabada se halla una masa de álcali que se rompe en pedazos para facilitar su venta.

1205. No todas las plantas dan una misma calidad de sosa. La *barrilla* de España da la bella sosa de Alicante: se cultiva en las orillas de los lagos de la Provenza una planta conocida con el nombre de *salicor*, la que da una sosa de buena calidad; pero las plantas que crecen sin cultura dan una sosa muy inferior. *M. Chaptal* sujetó estas diferentes especies de sosa á una rigurosa analisis, cuyos resultados los puso en la enciclopedia metódica, *art. Verrerie.*

1206. La sosa que se saca de la lejía de las cenizas que da la combustion de las plantas marinas, no es mas pura que la potasa. Se separa por los mismos procederes, de todas las sustancias que alteran su pureza.

1207. La sosa se diferencia de la potasa en que; 1.° es menos cáustica; 2.° lejos de atraer, como la potasa, la humedad de la atmósfera, es eflorescente, es decir que tiene con el agua menos atraccion que el aire que se la quita con grande actividad; 3.° la sosa cristaliza en octaedros romboidales; 4.° forma productos diferentes con las mismas bases; 5.° es mucho mas propia para la vitrificacion y para la fabricacion del jabon.

1208. Los medios de que *M. Davi* se sirvió con tan buen

éxito para descomponer la potasa, le sirvieron para descomponer la sosa. Los elementos de este álcali son el oxígeno y una base metálica á la que se le ha dado el nombre de *sodium*. El sodium y el potasium tienen caractéres comunes y otros que los distinguen. El cuadro de estos caractéres se halla en los tratados de química; aqui me limitaré á decir; 1.° que el sodium y el potasium forman sales diferentes al combinarse con los ácidos; 2.° que el gas hidrógeno disuelve al potasium y forma gas hidrógeno potasiado, al paso que el sodium no es soluble en este fluido aeriforme.

§ IV.

Del amoniaco.

1209. El *amoniaco* es una sustancia alcalina que se halla siempre en estado aeriforme en la comun presion y temperatura de la atmósfera; se obtiene por medio de la accion de la cal viva sobre el muriate amoniacal ó sal amoníaco comun. El método que se sigue es el mas propio para obtenerlo en toda su pureza.

Se ponen como tres partes de cal viva y una de muriate amoniacal en una retorta, en cuyo orificio se adapta un tubo corvo con su estremo sumerjido en la cubeta del aparato de mercurio, debajo de una campana llena de este fluido metálico, y se calienta el fondo de la retorta con un poco de carbon encendido, ó con la llama de una lámpara de alcohol. A la primera impresion del fuego se mezcla, se calienta con efervescencia, y el amoniaco se separa bajo la forma de un fluido elástico.

El muriate amoniacal está compuesto de ácido muriático y de amoniaco. Ademas la cal viva tiene mayor atraccion con el ácido muriático que la tiene este ácido con el amoniaco. Por lo que cuando se mezcla cal viva con muriate amoniacal la sal se descompone. El ácido muriático se combina con la cal para formar múriate de cal, y el amoníaco que se ha puesto libre se combina con el calórico, el que le da la fluidez aeriforme.

Es menester servirse del aparato de mercurio para recoger el gas amoniaco, porque el agua tiene la propiedad de absorverlo

con mucha prontitud. El agua saturada de este gas forma lo que se conoce con el nombre de amoníaco líquido.

1210. El hielo tiene tambien la propiedad de absorver al gas amoníaco. Esta absorcion lo licúa al instante, produciendo frio, por necesitarse una grande cantidad de calórico que se combina con el hielo para efectuar la licuacion. Al contrario el gas amoníaco produce calor cuando es absorvido por el agua líquida, porque esta agua no necesitando de nueva cantidad de calórico, al que el gas amoniaco abandona para combinarse con el agua, se pone en estado de libertad.

1211. El gas amoníaco tiene un sabor acre y cáustico, un olor vivo y penetrante. Es mucho mas ligero que el aire atmosférico. Su gravedad específica es á la del aire comun como 53 á 100.

1212. Este gas pone muy verdes los colores azules de las violetas, de la malva, de los rábanos etc.

1213. El gas amoníaco es uno de los fluidos aeriformes que mas se dilata por su union con el calórico. El aire atmosférico no se combina con este gas, no hace mas que enrarecerlo y dividirlo. La combinacion de este fluido aeriforme con los ácidos jamas ha sido dudosa; forma con ellos sales amoniacales.

1214. El gas amoníaco mata prontamente los animales: no sirve para la combustion, pero antes que una vela encendida se estinga en este gas, la llama es considerablemente aumentada por la reunion de otra llama de color amarillo débil, y al fin esta llama ligera baja de la parte superior del vaso al fondo. Si solo se presenta la vela encendida al orificio de la campana llena de este gas, la llama amarilla se levanta cerca de 54 milimetros (2 pulgadas) mas arriba que la de la bugía.

El poder refringente del amoníaco es doble del de el aire comun; lo que nada tiene de estraño, pues que el hidrógeno, sustancia eminentemente combustible, entra como á elemento en la composicion del gas amoníaco.

De la naturaleza del amoniaco.

1215. *Scheele* fue el primero que descompuso amoníaco (1). *Mr. Berthollet* conoció despues mejor sus principios, y determinó mas bien sus proporciones. Este probó que 100 partes de amoniaco en peso contienen cerca de 807 de gas nitrógeno ó azoe, y 193 de hidrógeno. Véase *la coleccion de la academia* año 1784, pág. 316.

1.º Se descompone el gas amoníaco por la electricidad poniendo un tubo lleno de este fluido encima del aparato de mercurio, y haciéndolo atravesar por la chispa eléctrica procedente de la descarga de una botellla de Leiden. Despues de dos ó trescientas descargas se halla que el gas ha aumentado cerca de dos veces su volúmen, que ha perdido la propiedad de ser absorvido por el agua. Si se mezcla con una cantidad de oxígeno igual al tercio de su volúmen y se hace pasar al traves de esta mezcla una corriente de chispas eléctricas; sucede una detonacion y su cantidad es considerablemente disminuida. Se nota el total de la disminucion por la combustion, se divide por tres, y se multiplica por dos el resultado de la cantidad de gas hidrógeno producida por la electricidad en la mezcla de los dos gases, pues que una medida de gas oxígeno basta para saturar dos medidas de gas hidrógeno.

2.º Se descompone el gas amoníaco, haciéndole pasar por un tubo de porcelana incandescente puesto horizontalmente en un hornillo. Los productos son gas hidrógeno y azoe ó nitrógeno.

3.º La descomposicion del amoníaco se efectúa prontamente galvanizando una solucion acuosa de esta sustancia alcalina. Se produce una cantidad considerable de gas. Su contacto con una solucion de sulfureto de potasa basta para hacer desaparecer una pequeña porcion de oxígeno; el resto consiste en gas hidrógeno y nitrógeno ó azoe.

1216. Independientemente del gas hidrógeno y del azoe ó nitrógeno que se obtienen descomponiendo el amoníaco por la elec-

(1) *Véase* la historia de la física, *tom.* IV, *lib.* IV, *cuaderno* 2.

tricidad, *M. Davi* sospechó al principio que este álcali contenia tambien una pequeña porcion de oxígeno, y los motivos siguientes son los que dieron lugar á esta sospecha.

1.° Los gases que se producen cuando se descompone el amoníaco por la electricidad tienen cerca de una undécima parte menos de peso que el del amoniaco empleado, es decir que cien partes de amoníaco dan solamente noventa y una de gas permanente.

2.° Si se electrizan negativamente en la pila de *Volta* mercurio puesto en contacto con una solucion de amoníaco, el metal se dilata por grados y forma un sólido que toma la consistencia de manteca á 18 ó 20 grados; pero que se hace duro y forma una masa cristalizada en la temperatura del hielo. Por esta combinacion el mercurio no gana sino con una bimilionesima de su peso, y su gravedad específica disminuye hasta el punto de llegar á ser solo tres veces mas pesado que el agua. Esponiendo al aire esta amalgama absorve el oxígeno, el amoniaco se reproduce y el mercurio vuelve á tomar su forma metálica. Si esta amalgama se echa en agua, el amoniaco se vuelve á formar y al mismo tiempo se separa hidrógeno.

1217. *Mr. Davi* ha creido no poder esplicar estos fenómenos y muchos otros que produce la accion del potasium sobre el amoníaco sino suponiendo á este álcali compuesto de oxígeno y de una sustancia metálica á que llama *ammonicum*, y como no se obtiene mas que hidrógeno y azoe ó nitrógeno en la analísis del amoníaco por la electricidad, miró al hidrógeno como un metal, y al nitrógeno como un compuesto de hidrógeno y de oxígeno. En esta hipótesis tendríamos un metal constantemente en el estado aeriforme, y el agua seria un óxide metálico.

Nuevos esperimentos que acaba de practicar *Mr. Davi* para determinar la naturaleza del hidrógeno y del nitrógeno le han hecho mudar de opinion acerca de este objeto. Él se inclina á mirar el amoníaco como un compuesto de hidrógeno y nitrógeno, y á considerar la pérdida de peso como procedente de la inexactitud inevitable en esperimentos tan delicados. Le parece demos-

trado que el nitrógeno no es un metal en forma de gas. Puede ser, añade, que algun dia se descubrirá que el nitrógeno es un protóxide de ammonium, el amoníaco un deuótxide, y el hidrógeno un tritóxide de esta sustancia metálica. Es menester pues dejar al tiempo, y á la esperiencia la decision sobre la naturaleza de estas diferentes sustancias.

CAPÍTULO II.

DE LAS TIERRAS.

PÁRRAFO PRIMERO.

Propiedades generales de las tierras, su nombre y naturaleza.

1218. Las tierras son sustancias que en su estado de pureza son áridas, insípidas ó poco sabrosas, insolubles ó casi insolubles en el agua, poco ó nada alterables en el fuego, y de ningun modo por el carbon ó por las materias oleosas.

1219. *Lavoisier* habia sospechado que las tierras eran óxides metálicos; pero jamas pudo realizar este carácter, y las tierras quedaron aun clasificadas entre los cuerpos simples, cuando en estos últimos tiempos *Mr. Davi* ha hecho ver por medio de procederes semejantes á los que le sirvieron para la descomposicion de los álcalis, que las tierras no son otra cosa que sustancias metálicas combinadas con una cantidad de oxigeno insuficiente para darles acidez.

1220. No todas las tierras poseen en el mismo grado las propiedades terreas, algunas de ellas las poseen en un grado eminente, cuando otras tienen muchas analogías con los álcalis. A las primeras les daremos el nombre de *tierras propiamente dichas*, y á las segundas el de *tierras alcalinas*.

1221. Las tierras propiamente dichas son la *silice*, *alúmina*, *zircona*, *glucina é ittria*. Se cuentan cuatro tierras alcalinas á saber: la barita, la stronciana, la magnesia y la cal.

§ II.

De las tierras alcalinas.

De la barita.

1222. La naturaleza no nos ofrece jamas barita en estado de pureza. Por lo comun se halla combinada con el ácido sulfúrico, algunas veces con el ácido carbónico. El sulfate de barita existe en grandes masas en la Baja-Normandía, en la Auvernia y en las minas en que sirve á menudo de ganga. El carbonate de barita se halla esclusivamente en Escosia.

1223. Es fácil estraer la barita del carbonate de barita; para esto basta calcinarlo en un crisol en medio del carbon con el que se ha mezclado para favorecer la evasion del ácido carbónico.

1224. No es tan fácil estraer la barita del sulfate de esta tierra, al paso que la dificultad en obtener carbonate de barita nos obliga á menudo á recurrir á aquel: importa pues describir el método mas propio para efectuar esta estraccion.

Se ponen en un crisol ocho partes de barita en polvo fino mezcladas con una parte de carbon. Se calienta esta mezcla teniéndola roja muchas horas, se disuelve en el agua el sulfureto de barita que de esto resulta, se echa ácido nitrico el que precipita el azufre; se hace evaporar y cristalizar el nitrate de barita el que despues se calienta en una retorta. El ácido nítrico se descompone; se recoge gas oxígeno con gas azoe y la barita queda pura.

1225. 1.º En este estado de pureza la barita es de un color gris ó verdosa; su gravedad específica es á la del agua como 4 á 1.

1226. 2.º Tiene un sabor muy cáustico y es prontamente venenosa cuando obra sobre el estómago é intestinos.

1227. 3.º Se apaga al aire, y su estincion es mucho mas viva que la de la cal.

1228. 4.º Se calienta con mucha mayor viveza que la cal en agua fria, la que disuelve una vigésima parte de su peso. Esta

disolucion pone muy verde el jarabe de violetas y destruye muy pronto su color.

1229. 5.º El agua hirviendo disuelve la mitad de su peso de barita pura; esta disolucion cristaliza enfriándose, la que produce largos prismas de cuatro caras, los que pierden en el aire parte de su agua de cristalizacion.

1230. 6.º Atrae la humedad del aire como el ácido carbónico, en cuyo caso se pone blanca y aumenta su peso.

1231. 7.º Pone verdes los colores azules vejetales á escepcion de la tintura de tornasol.

1232. 8.º Se une con el azufre y forma con esta union sulfureto de barita.

1233. 9.º Se combina con todos los ácidos y no se une con álcali alguno.

1234. 10.º Tiene con el ácido sulfúrico mayor atraccion que la potasa; la sal que forma con este ácido se precipita inmediatamente, y sirve para conocer la presencia de este ácido en cualquiera parte donde se encuentre.

1235. La barita se compone de oxígeno y de una base metálica llamada *barium* por *Mr. Davi*, quien la obtuvo electrizando negativamente la barita en contacto con el mercurio. Se forma una amalgama, y su destilacion en pequeños tubos de vidrio llenos de vapor de nafta ha determinado la separacion del mercurio. El residuo de la destilacion fue un metal blanco como plata, sólido en la temperatura ordinaria, porque se vuelve liquido antes de la temperatura de rojo.

La proporcion del metal al oxígeno no fue bien determinada, pero su analisis no es dudosa marchando siempre la base inflamable al polo negativo, y el oxigeno al polo positivo.

De la estronciana.

1236. Por mucho tiempo se ha confundido la estronciana con la barita; en el dia está bien conocido que estas dos sustancias tienen propiedades que las distinguen. La estronciana de la misma manera que la barita, jamas se halla en estado de pureza.

Siempre se halla combinada con el ácido carbónico ó mas á menudo con el ácido sulfúrico, como en Sicilia, en Monmartre etc.

Se pone en su estado de pureza por procederes análogos á los que se han indicado para la barita. Puédese tambien obtener pura, por la ebulicion con el carbonate de potasa. Resulta de esto un carbonate de estronciana; y es fácil por medio de un fuerte calor separarla del ácido carbónico.

1237. La estronciana que se obtiene por este último medio es de color gris ó azulada, segun el grado de actividad del fuego á que se ha sujetado el carbonate de estronciana.

1238. Se comporta con el azufre como la barita, se disuelve en caliente en la misma proporcion que la barita. En frio no queda disuelta mas que una tercera parte; cristaliza por el enfriamiento. Cuatro partes de estronciana y una de sílice forman una combinacion soluble en los ácidos.

1239. Parece tener con los ácidos mayor atraccion que la potasa, al paso que la potasa y la sosa descomponen al sulfate de estronciana, pero no enteramente. Sucede tambien que una disolucion de sulfate de potasa es precipitada por una disolucion de estronciana. Esta reciprocidad de efectos prueba que en estos casos se forma una combinacion triple que restablece el equilibrio antes que acabe la descomposicion.

1240. La estronciana se diferencia de la barita en que 1.° el nitrate de estronciana es precipitado por la barita, y el nitrate de barita no lo es por la estronciana; 2.° las sales de estronciana son descompuestas por la potasa y por la sosa, y las sales de barita no lo son; 3.° el muriate de estronciana da un hermoso color de púrpura á la llama de alcohol, cuando el muriate de barita le da un color amarillo verdoso; 4.° el sulfate de estronciana es un poco soluble en el agua, y el sulfate de barita no lo es.

1241. *Mr. Davi* ha descompuesto la estronciana por dos medios parecidos á los que se sirvió para la descomposicion de la barita. La estronciana se compone de oxígeno, y de una base metálica á que se le ha dado el nombre de *strontium*.

De la magnesia.

1242. La magnesia, la mas débil de las tierras alcalinas, se halla abundantemente en la naturaleza, pero jamas en su estado de pureza: siempre se halla combinada, sea con otras tierras en las steatites, las asbestas, las micas, los schistos, las que por esto se llaman *tierras magnesianas*; sea con los ácidos sulfúrico, muriático, carbónico etc. en las aguas de la mar, en las fuentes saladas etc.

1243. Para aislar la magnesia se emplean los álcalis puros, la cal, la barita etc. los que la precipitan. Asi se puede estraer de todas las aguas saladas en que se hallan en mas ó menos abundancia sales magnesianas. Durante mucho tiempo se ha preferido el procurarse la magnesia descomponiendo, por medio de los reactivos indicados, el sulfate de magnesia conocido con el nombre de *sal de Epson*, lugar de una fuente en Inglaterra que la contiene en abundancia.

1244. La magnesia en su estado de pureza se presenta á menudo bajo la forma de bollos blancos, ligeros, friables, parecidos al almidon; algunas veces bajo la de un polvo blanco muy fino á la vista y al tacto. Su gravedad especifica es poco mas ó menos á la del agua, como 233 á 100.

1245. Esta tierra no tiene un sabor muy sensible; es dulce y escita una sensacion particulár por la que se la distingue de toda otra sustancia, pone ligeramente verdes los colores azules los mas delicados, tales como los de las flores de malvas.

1246. La luz que tiene la propiedad de reflejar, no le da color alguno. Espuesta á un fuego violento no se funde, segun *Arcet*. *Macquer* habia ya reconocido su infusibilidad é inalterabilidad en el foco de una grande lente. *Mr. Morveau* la espuso por espacio de dos horas al fuego muy violento del hornillo de *Macquer* sin que sufriera la mas ligera alteracion. Espuesta al soplete sobre un carbon, queda inalterable, y da solamente á la llama un ligero color amarillo.

1247. La magnesia es muy poco soluble en el agua: *Butini*

halló que el agua hervida con esta sustancia, y dejada mas de tres meses en contacto con ella no habia disuelto mas que como una diez millonésima. *Kirwan* pretende que es menester cerca de 7692 veces su peso de agua á 10 grados para disolverla. De que resulta que esta tierra no es mas disoluble en el agua que la silice y la alúmina. La magnesia forma no obstante una especie de masa con el agua, y la absorve de un modo sensible.

1248. La magnesia se une fácilmente con todos los ácidos, y forma con ellos compuestos salinos, diferentes de los que dan las otras tierras sea por su cristalizacion, por su sabor, por su disolubilidad, ó sea por las atracciones de sus principios.

1249. La base de la magnesia que ha recibido de *Mr. Davi* el nombre de *magnium* no es aun bien conocida. Destilando su amalgama, el metal parece obrar sobre el vidrio aun antes que todo el mercurio esté separado. En un esperimento en que *Mr. Davi* cerró el tubo antes que se hubiese separado todo el mercurio, se manifestó un sólido con la brillantez y blancura de los demas metales de tierra. Se precipitó en el fondo del agua rodeado de globulillos de gas, y produjo la magnesia. En el aire se cubrió de una costra, y se redujo á un polvo blanco que no era otra cosa que magnesia.

De la cal.

1250. La cal es la tierra que la naturaleza nos ofrece en mayor abundancia, sea en lo interior del globo, sea como elemento de diferentes cuerpos que componen su superficie.

1251. En las cercanías de los volcanes se encuentra pura, pero envuelta en piedras que la han privado del fluido atmosférico. Se asegura que existe en este estado de pureza en algunas aguas minerales que la tienen en disolucion; pero por lo comun se halla estrechamente unida con diferentes ácidos, y en este estado de combinacion es como forma las capas de las montañas.

1252. Se obtiene en grandes masas por la calcinacion á fuego abierto de lo que se llama *piedras de cal.* Estas son en general compuestas de ácido carbónico, de agua y de cal. Las dos pri-

meras sustancias reciben del calórico la fluidez aeriforme, marchan á la atmósfera y la cal queda pura. En los elaboratorios se escoje el carbonate de cal puro y transparente; se pone en polvo dentro de buenas retortas de arcilla ó de hierro ó en cañones de fusil que se esponen á la accion de un fuego violento. Asi se obtiene cal mucho mas pura que la que se prepara en grande para emplearla en las construcciones.

1253. Estraida por este proceder la cal se presenta bajo la forma de piedra de un blanco gris; su gravedad específica es á la del agua como 23 á 10. Su sabor es acre y bastante fuerte para poner roja é inflamar la piel, si queda algun tiempo aplicada en ella; pone verde el jarabe de violetas y altera un poco su color en amarillo.

1254. La luz no ejerce sobre la cal accion alguna sensible; espuesta á un fuerte calor queda inalterable y sin fundirse; se reblandece no obstante en el foco de la lente ustoria. En un crisol de arcilla se funde sobre sus bordes á una muy alta temperatura, pero esto sucede uniéndose á la tierra del vaso que encierra. Es del todo inalterable é infusible al soplete, sea cual fuere la intensidad y duracion de la accion del calor.

1255. Si se espone la cal al aire en forma de piedra se hincha, se cubre de hendiduras, se calienta ligeramente y se reduce á polvo. En este estado se llama cal apagada al aire, porque una vez ha pasado á este estado, ya no es mas lo que se llama *cal viva* y no se calienta en el agua.

Estos fenómenos se deben al agua contenida en la atmósfera y á la grande atraccion que la cal ejerce sobre este líquido. Asi es que suceden con tanta mayor prontitud, y son tanto mas señalados cuanto la atmósfera es mas húmeda.

1256. Si se echa agua en pequeña cantidad sobre un pedazo de cal sólida ó sobre esta tierra en polvo muy cáustico y que no se haya apagado en aire, la absorve prontamente, y parece despues tan seca como antes de la absorcion; luego despues si era sólida se rompe y se escita un calor bastante fuerte que produce un silvido notable. Estos fenómenos no tienen lugar sino cuando

se emplea la cantidad de agua que la cal puede absorver, secándose prontamente. En esta estraccion en seco la tierra calcárea estremamente dividida y aumentada de volúmen se transforma en polvo blanco fino y muy seco, ha aumentado de peso, ha perdido su acritud y causticidad y no se calienta mas con una nueva cantidad de agua. Estos efectos tienen por causa la fuerte atraccion de la cal por el agua, la propiedad que tiene de estraerle mucho calórico, y de darle asi una forma sólida. La cal asi unida al agua solidificada lleva el nombre de *cal apagada en seco.* Si se le añade nueva cantidad de agua la deslie sin calentarse; se forma *leche de cal*, y se da á este licor una transparencia perfecta, añadiéndole una cantidad de agua para disolver completamente la sustancia térrea.

1257. Esta disolucion que es siempre clara y limpia, es llamada *agua de cal*, su peso es poco superior al del agua comun. Tiene un sabor acre, caliente y urinoso, pone muy verde el jarabe de violetas y altera su color.

1258. Espuesta al aire el agua de cal absorve el ácido carbónico, y se cubre de una película seca la que no es otra cosa que carbonate de cal.

1259. La cal aislada es perfectamente infusible, mezclada con la silice se funde, cuando se calientan en una proporcion tal que la cal sea á lo menos igual á la cantidad de silice. Hace entrar en fusion la alúmina en la dósis de un tercio de su peso.

La mezcla de estas tres tierras se funde mas completamente que la de la cal con una ú otra separadamente. Asi una parte de cal y otra de alúmina pueden hacer fundir dos partes y aun dos y media de silice: de aqui es fácil esplicar 1.° la fusibilidad de muchas piedras centellantes compuestas de estas tres tierras; 2.° porque la cal fuertemente calentada en crisoles se vitrifica sobre los bordes ó en el contacto con las paredes de estos vasos.

1260. La cal se combina mas ó menos estrechamente con todos los ácidos y forma con ellos diferentes sales que se encuentran á menudo entre los productos naturales y fosiles.

1261. Ninguna sustancia se emplea con tanta frecuencia como

la cal. Se usa en las vidrierías, en las lejías, en la fabricacion de jabon. Se cubren con ella materias animales para preservarlas de la putrefaccion. Sirve en el arte de teñir, en la tenería, en la agricultura, etc. Es la base de un grande número de obras de construccion.

1262. La base de la cal es una sustancia metálica. *Mr. Davi* le ha dado el nombre de *calcium*. En un esperimento en que quiso separar por la destilacion el mercurio que formaba una amalgama con esta base, el tubo se rompió con esplosion por la dilatacion del mercurio; y en el momento en que el aire volvió á entrar, el metal que tenia el color de plata se inflamó súbitamente y se convirtió en cal.

§ III.

De las tierras propiamente dichas.

De la sílice.

1263. La sílice es una de las tierras que mas á menudo se encuentran y en mayor abundancia sobre el globo; forma la base de las piedras que en razon de su dureza parecen componer su núcleo: esta es la razon porque durante mucho tiempo ha sido mirada como la tierra primitiva. El cristal de roca, el cuarzo, las ágatas, los jaspes etc. la contienen en abundancia; pero jamas en su estado de pureza.

1264. Para obtenerla pura se ponen en un crisol espuesto á la accion de un fuerte calor dos ó tres partes de potasa por una de sílice; la potasa se une con la tierra, la conduce á la fusion, forma con ella un vidrio quebradizo, delicuescente y disoluble en el agua. Se echa ácido sulfúrico en la disolucion, el que se apodera de la potasa y separa la tierra, la que bien lavada es sílice pura.

1265. En este estado de pureza la sílice se presenta bajo la forma de un polvo blanco muy fino sin sabor ni olor; sus últimas moléculas presentan al tacto asperidad y dureza. Si se frota entre los dos dedos, roza y gasta el epidermis sin adherir á él.

Cuando se gusta, deja en la lengua la impresion de su estrema sequedad.

1266. La luz no obra sobre la sílice, y el calórico, por grande que sea su intensidad y accion, no la altera: la sílice le ofrece al traves de sus moléculas un paso tan libre y fácil que se escapa con prontitud, sin hacer en ella impresion alguna.

1267. El agua no obra sobre la sílice en masa; pero si sus moléculas se reducen á un estado de estrema tenuidad, como sucede en las fusiones y disoluciones que de ella se hacen, forma con el agua una gelatina transparente: se disuelve en ella enteramente ó á lo menos queda en ella por largo tiempo suspendida. No hay duda que la naturaleza efectúa la disolucion de la sílice; pues que atestiguan esta verdad los cristales siliceos que se reproducen tan á menudo en la superficie y en lo interior del globo.

1268. No hay mucho tiempo que se miraba la insolubilidad de la sílice por los ácidos como uno de sus caractéres mas señalados, cuyo error se ha disipado desde el instante que el arte de analizar las piedras se ha simplificado y está mas en uso. Se ha visto que el ácido fluórico disuelve la sílice, y le comunica su invisibilidad bajo la forma de fluido elástico. Se ha hallado que muchos ácidos se unen á esta tierra por la fusion, que otros, y particularmente el ácido muriático que se empleaba para arrancarla de sus combinaciones con los álcalis, la mantenia en un estado de suspension, de modo que no se puede separar del ácido sino por mêdio de la evaporacion.

1269. La sílice se emplea en las artes frecuentemente y aun para los usos mas comunes de la sociedad. Se llena de esta tierra el fondo de las fuentes de los reservorios de agua, para quitar á este líquido las sustancias estrañas que alteran su homogeneidad. Nos servimos de la sílice en estado de arenilla para limpiar los vasos metálicos, en pequeños pedernales ó en arena gruesa hace la base del mortero y de los cimientos mas duraderos; se encuentra en otras formas en todos los vidriados de arcilla, loza, porcelana y les comunica sus cualidades refractarias. Entra en fin como elemento en la fabricacion de los hornos, de los criso-

les, y particularmente del vidrio, cuyas principales propiedades determina por su naturaleza y por sus proporciones.

1270. *Mr. Davi* ensayó el descomponer la silice y las otras tierras propiamente dichas, empleando los medios que le habian servido para descomponer las tierras alcalinas; pero halló grandes dificultades que le obligaron á recurrir á un medio mas eficaz, hizo una amalgama de potasium con casi un tercio de mercurio la que puso en contacto con la silice ligeramente humedecida. La electrizó negativamente bajo la nafta con una pila de quinientos pares durante el espacio de una hora. Echó el todo en el agua: el álcali formado fue neutralizado por el ácido acetoso. Entre tanto, si se ha obtenido un metal de la silice, debe necesariamente existir en estado de aligacion con el potasium; los dos metales deben ser oxidados por el agua, el potasium debe reproducir potasa, y el otro metal la silice de que es la base; y esta tierra debe disolverse en la potasa y ser precipitada por la adicion del ácido. El resultado de este esperimento condujo á *Mr. Davi* á deducir que la silice es un óxide metálico cuya base ha recibido el nombre de *siliciam*.

De la alúmina.

1271. La alúmina se presenta muy á menudo en la naturaleza; pero jamas en su estado de pureza. Para obtenerla pura se estrae del sulfate de alúmina ó alumbre descomponiendo esta sal por medio de sustancias alcalinas. Se disuelve en el agua sulfate de alúmina; se le mezcla disolucion de potasa ó de sosa: el ácido sulfúrico abandona la alúmina para combinarse con la potasa ó la sosa, y la alúmina se precipita. Se lava con una grande cantidad de agua pura, al principio fria, y despues hirviendo; se agita largo tiempo con ella para quitarle bien la sal; se hace secar en el aire y se obtiene la alúmina pura de que nos servimos en los laboratorios. Es muy dificil quitarle enteramente el álcali.

1272. La alumina puesta asi en su estado de pureza, se presenta bajo la forma de un polvo blanco muy fino, sin sabor determinado, untuosa al dedo que la restriega; se aplica estrecha-

mente á la lengua y al paladar; los pone secos y ásperos atrayendo los líquidos, y produce un efecto ligeramente estíptico.

1273. La alúmina tiene un olor particular, cuando está desleida ó humectada por el agua; este olor se manifiesta de un modo muy sensible, cuando se espira sobre esta tierra el aire húmedo y caliente de los pulmones.

1274. La sílice es transparente y cristalina en los cuerpos que la contienen en grande cantidad; la alúmina al contrario, es opaca y da opacidad á las piedras en que ella forma la mayor parte. Su sola agregacion no puede jamas hacerle tomar una dureza tan considerable como la de las piedras siliceas. No da chispas por el golpe del eslabon, debiéndose no obstante hacer alguna acepcion.

1275. Con motivo de su opacidad la alúmina refleja la luz, la que no le hace sufrir alteracion alguna.

1276. El calórico obra vivamente sobre esta tierra, cuando se espone á un calor rápido y fuerte, como á la llama del soplete animada por el gas oxígeno. Entonces se penetra de luz, se reblandece y se funde sin tomar la forma de glóbulo, enfriada presenta una frita opaca, herizada ó ramificada de un color verde apagado, bastante duro para rayar el vidrio. Los espejos ustorios no producen el mismo efecto sobre la alúmina. Si se espone á un fuego violento de horno esta tierra pierde á poco tiempo el agua que contenia, se constriñe sobre si misma, se deseca, se reblandece, y sufre una vitrificacion; enfriada, se halla que ha adquirido una dureza considerable. Ha tomado de algun modo los caractéres de la sílice, pues que en este estado da chispas con el eslabon; sin embargo su naturaleza no ha padecido alteracion alguna. Esta propiedad que tiene la alúmina de endurecerse por la influencia de un fuerte calor es la que la hace propia para la fabricacion del vidriado.

1277. La alúmina ejerce sobre el agua una accion que merece ser notada: si esta tierra es seca, se apodera prontamente del agua líquida que penetra sus poros, hasta que en algun modo sus poros estan saturados. Entonces una nueva cantidad de agua la

reblandece, la vuelve pastosa, ductil, en una palabra, propia para ser amasada y amoldada y modificada al gusto del artista; espuesta al aire en este estado pastoso, una parte del agua que contiene es absorvida por el fluido atmosférico; se pone seca y frágil. Cuando la separacion es demasiado repentina, la alúmina abre grietas, se raja y se separa en hojitas: espuesta en un fuego vivo pierde hasta 0,46 de su peso, que prueba que contenia cerca de la mitad de su peso de agua; no obstante es menos soluble en el agua que la sílice; esta forma con el agua una especie de gelatina, la alúmina forma siempre en ella una nube que turba su transparencia. La naturaleza no nos ofrece jamas cristales transparentes de alúmina. Muy frecuentemente se hallan en el globo cristales transparentes de sílice.

1278. La alúmina se une estrechamente con la sílice, sea con el ausilio del agua, sea por medio del calórico. Si se emplea el agua como medio para unir la sílice y la alúmina, resulta una especie de mortero susceptible de endurecerse y de alterarse poco por el aire; si se emplea el calórico, la alúmina combinada con la sílice se funde fácilmente y forma un vidrio opaco.

1279. La propiedad que tiene la alúmina de constreñirse, proporcionalmente al calor que se le aplica, ha hecho imaginar á *Wedg-Wood* una especie de termómetro ó pirómetro, cuya descripcion se ha dado al presentar el cuadro de las propiedades del calórico.

De la misma manera que la base de la sílice, la de la alúmina, llamada *aluminiun* ha resistido vigorosamente á las tentativas de *Mr. Davi* para obtenerla aislada. Los resultados obtenidos inducen no obstante á creer que la alúmina es un óxide metálico.

De la circona.

1280. Hasta ahora no se ha hallado circona, sino en el circon de Zeilan y en los jacintos, sean orientales, sean de Espaillis en Francia.

1281. Se estrae regularmente de los jacintos, pero como los jacintos son mezclados con rubís y granates, al principio se en-

rojecen, los granates se ponen negros, los rubís quedan rojos y se separan fácilmente de los jacintos los que han perdido su color. Estos se vuelven á enrojecer de nuevo y se arrojan al agua fria; se trituran, se pesan y se hacen fundir en un crisol de plata con cinco ó seis veces su peso de potasa pura; se trata la masa fundida con el agua que disuelve el álcali, sin tocar la circona mezclada con sílice con la que estaba estrechamente unida antes de la fusion; se echa encima ácido muriático desleido en agua: todo se disuelve, se hace calentar; la sílice se precipita, y al fin se agita con una mano de almirez á fin de que no se descomponga muriate de circona. Se deslie mas en agua, se filtra, se lava la sílice y se precipitan las aguas reunidas por la potasa cáustica; se lava bien el precipitado, el que es circona pura.

1282. Asi se puede obtener la circona descomponiendo por el fuego la disolucion muriática de circona, hecha con el circon de Zeilan ó el jacinto fundidos por la potasa, y hechos lejía.

1283. La circona obtenida por estos procederes y bien separada del hierro (lo que es muy dificil), no tiene sabor ni olor y se presenta bajo la forma de un polvo fino blanco muy suave al tacto frotándola entre los dedos. Cuando retiene una cierta cantidad de agua entre sus moléculas es medio transparente y de un color turbio.

1284. Su gravedad específica es á la del agua como 43 á 10.

1285. La circona es insoluble en el agua; no obstante contrae con este líquido una especie de union y forma en este caso, como la sílice, una gelatina transparente.

1286. La luz no ejerce accion alguna sobre la circona; el calórico en ciertas circunstancias produce en ella alguna alteracion.

1287. Si se calienta al soplete queda infusible y difunde una luz fosfórica amarilla; si se calienta en un crisol de carbon rodeado de carbon en polvo y colocado dentro de otro crisol de tierra, espuesto á un fuego violento, esperimenta una fusion pastosa y suficiente para que sus moléculas se aproximen sin adquirir transparencia ni una verdadera forma de vidrio. Si se enrojece en un crisol pierde su blancura, toma un color gris, se pone

dura, cruje entre los dientes y se disuelve en los ácidos con mas dificultad.

1288. La circona se une con todos los ácidos y forma con ellos compuestos salinos.

1289. La circona y la silice tienen propiedades comunes; la misma dureza de moléculas, la misma insipidez, igualmente inodoras, insolubles en el agua, tienen ambas la misma tendencia á retenerla, cuando sus moléculas son de una estrema tenuidad. Tienen no obstante estas dos tierras propiedades que no permiten confundirlas. La circona es de mayor gravedad específica que la sílice; es mas disoluble por los ácidos y enteramente insoluble en álcalis fijos, al paso que la silice y sobre todo la alúmina contraen una union muy intima con estas sustancias.

La base de la circona ó el *circonium* no está aun conocido, aunque *M. Davi* haya procurado aislarlo por medios análogos á los que empleó para la sílice.

De la glucina.

1290. Débese á *M. Vauquelin* el descubrimiento de la *glucina* cuya sustancia hasta aqui no se ha hallado mas que en el beril ó aguja marina y en la esmeralda, la que debe su nombre á uno de sus caractéres mas notables, á saber, el sabor azucarado que da á sus combinaciones con los ácidos.

1291. Para obtener la glucina en su estado de pureza se toman 100 partes de beril el que se prefiere á la esmeralda por ser menos caro; despues de haberlo reducido en polvo fino en un mortero de silice, se funde con 300 partes de potasa cáustica; se deslie la masa fundida en el agua destilada y se disuelve el todo en el ácido muriático: se hace evaporar la disolucion hasta sequedad, tomando la precaucion de menear la masa hasta cerca del fin de la evaporacion; se deslie despues el residuo en una grande cantidad de agua, y se filtra: este primer medio aisla perfectamente la silice. Se precipita el licor filtrado, que contiene los muriates de alúmina y glucina, por el carbonate de potasa; se lava el precipitado y se disuelve en el ácido sulfúrico: se mez-

cla sulfate de potasa con la disolucion, y se hace evaporar para obtener el alumbre cristalizado. Cuando por una nueva adicion de sulfate de potasa y por una nueva evaporacion, el licor no da mas cristales de alumbre, se precipita por el carbonate de amoníaco en esceso; lo que quedaba de alúmina es por este medio separado de la glucina, la que queda en disolucion. El hierro se precipita con la alúmina; se evapora y se obtiene la glucina pura, la que se precipita bajo la forma de un polvo blanco granujiento.

1292. La glucina que se obtiene por este medio se presenta en polvo ó en fragmentos blancos, ligeros, suaves al tacto, insípidos, que se pegan en la lengua.

1293. Es infusible; en el fuego no se constriñe, ni se pone mas dura como la alúmina, no altera los colores azules vejetales; su gravedad específica no es aun conocida.

1294. La glucina es insoluble en el agua, forma no obstante con este líquido una masa algo ductil, la que no tiene la union de la alúmina y tampoco es como esta, susceptible de cochura.

1295. Únese la glucina fácilmente con todos los ácidos y forma con la mayor parte de ellos sales solubles, azucaradas, algo astringentes, y de dificil cristalizacion. Estos son principalmente los ácidos vejetales, como el oxálico, el tartaroso, el acetoso, los que forman con esta tierra sales de un sabor azucarado puro.

1296. La glucina es soluble en el carbonate de amoníaco y en la potasa cáustica; esta última propiedad la aproxima á la alúmina; pero como esta es precipitada por la glucina de su disolucion, no es fácil confundirlas.

Tiene con los ácidos una atraccion que parece ser media entre la de la magnesia que la separa de ellos, y la de la alúmina que precipita.

1297. No se conoce aun la base de la glucina. Si se obtiene se le dará el nombre de *glucinum*.

De la yttria.

1298. La yttria ha sacado su nombre del de *ytterbi* dado á la piedra de que se estrae por el lugar en que se halla.

1299. La piedra conocida con el nombre de *ytterbi* tiene un color negro, y una fractura vidriosa; su gravedad específica es de 4,097; mueve la aguja náutica. Si se espone al soplete se quiebra en astillas, y deja una materia blanca que no se funde. Calentada con el borax se funde y da un boton de un amarillo oscuro. En el crisol pierde 0,08 de su peso y adquiere un color rojizo como el del ocre. Los ácidos fuertes la reducen á una especie de gelatina de color ceniciento; esta gelatina evaporada á sequedad y lavada deja la sílice en polvo blanco; lo que queda disuelto contiene hierro é yttria. El ácido nítrico deja deponer y separar por evaporacion la sílice, y el óxide de hierro; la disolucion nítrica de la tierra que queda despues de la locion de la materia evaporada está mezclada con un poco de cal y manganesa; el amoníaco separa la tierra que se busca con una poca manganesa. Volviendo á disolver estas dos sustancias con el ácido nítrico se separa la manganesa con el hidro-sulfureto de potasa el que deja la tierra; esta se obtiene añadiendo el amoníaco. Por estos medios asi como por la fusion con la potasa, la disolucion en el agua, la evaporacion que separa la manganesa, y el tratamiento sucesivo por el ácido, es como se llega á analizar la ytterbi y á aislar la yttria.

1300. Esta tierra se presenta bajo la forma de un polvo blanco; es insípida, inodora é infusible, forma con el borax un vidrio blanco, no es soluble en los álcalis fijos cáusticos, y este es uno de los caractéres que la distinguen de la alúmina y de la glucina; es, como la glucina, disoluble en el carbonate de amoníaco; pero necesita mucha mas de esta sal que aquella.

1301. El ácido sulfúrico se une con la yttria con calor, y se precipita súbitamente una sal en granos brillantes y poco solubles en el agua. Esta sal es astringente y dulce como una sal de plomo.

La yttria se combina con el ácido nítrico, y da una sal dulce, delicuescente, que no cristaliza; lejos de secarse en el fuego se funde ó se reblandece como miel; se hace frágil como una piedra en secándola. El ácido sulfúrico precipita los cristales de esta disolucion.

1302. La yttria se une con el ácido muriático. La sal que se

produce por medio de esta union tiene propiedades análogas al nitrate de yttria.

1303. El amoniaco precipita la yttria de sus combinaciones con estos tres ácidos; el ácido oxálico la precipita tambien formando un precipitado pesado y compacto como el muriate de plata. Este carácter es el que la distingue de la glucina, la que forma con el ácido oxálico una sal muy soluble.

M. Davi aun no se ha ocupado en descomponer la yttria.

(*) *Del magnetismo.*

Mucho tiempo hace que se conocian las fuerzas magnéticas, los físicos se habian ocupado incesantemente en la indagacion de la causa de tan particulares fenómenos, habianse ya hallado muchas analogías entre los fluidos magnético y eléctrico, pero nadie habia podido establecer como á principio la identidad de estos fluidos. Los trabajos de *Coulomb*, los instrumentos inventados por este célebre físico habian perfeccionado la ciencia del magnetismo, estaba reservado al *Sr. Oersted* profesor de la universidad de Copenhague, quien mas por su capacidad que por ninguna casualidad manifestó esta interesante observacion, *un hilo metálico que comunique con los dos estremos de un aparato eléctrico de* Volta *adquiere la notable propiedad de obrar á distancia sobre una aguja magnética*: llámase este hilo metálico *hilo conjuntivo*, ó *conductor de union*, y al efecto producido por el fluido electriso en este hilo ó en su alrededor le llama *Oersted conflicto eléctrico*.

Si se pone una aguja magnética bien suspendida y en equilibrio en el meridiano magnético debajo de una porcion recta del hilo conjuntivo segun la misma direccion y en situacion horizontal y paralela á la aguja, sucede en este caso que la aguja es inmediatamente desviada de su direccion natural, y el polo de ella que mira al estremo negativo de la pila declina hácia al occidente. Si la distancia del hilo de union á la aguja no escede de $\frac{3}{4}$ de pulgada, el ángulo de declinacion de la aguja es la de cerca 45°, y si la distancia aumenta el ángulo de declinacion disminu-

yè proporcionalmente: por lo demas este ángulo varía segun la fuerza del aparato. Si se muda la direccion del hilo de union sea hácia al oriente, sea al occidente teniéndole siempre en un plano paralelo á la aguja, el efecto ó la declinacion solo varía en su intensidad, de que se infiere que este efecto no depende de una atraccion; porque si dependiese de alguna fuerza atractiva ó repulsiva, el mismo polo de la aguja que estando al oriente del hilo de union se le aproxima, deberia apartarse de él cuando se halla al occidente.

Los efectos del hilo de union sobre la aguja magnética se hacen sensibles al traves del vidrio, del metal, de la madera, del agua, resina, tierra cocida y piedras: de aqui se ve que los efectos que se notan en el conflicto eléctrico se diferencian enteramente de los que se atribuyen á la fuerza de atraccion, y repulsion eléctrica. Si el hilo de union se situa en posicion horizontal debajo de la aguja magnética, los efectos son los mismos que cuando se pone encima pero en órden inverso. *Oersted* varía los esperimentos de muchas maneras; y al querer dar razon de estos fenómenos dice que parece el conflicto eléctrico no puede obrar sino contra las partículas magnéticas de la materia, porque los cuerpos no magnéticos se dejan penetrar por el conflicto eléctrico, y al contrario los magnéticos, ó mas bien los átomos magnéticos de estos resisten al paso del conflicto, de que resulta que pueden ser movidos por la impulsion de fuerzas opuestas y que combaten entre sí.

Para acabar de manifestar esperimentalmente la identidad de los fluidos eléctrico y magnético faltaba hacer ver que se podia dar razon de todos los fenómenos que se observan sea en la mucha accion de dos imanes, sea en la que un hilo conjuntivo ejerce sobre un iman sin admitir en este otro fluido que el eléctrico obrando como en cuerpos que no sean susceptibles de magnetismo, y decir como este fluido eléctrico se halla en el iman. Esto es lo que ha hecho *M. Ampere* demostrando, 1.° que dos hilos conjuntivos de metales no magnéticos se atraen y repelen por el solo influjo del fluido eléctrico que se halla en ellos; 2.° que se

podia sustituir un iman en lugar de uno de los hilos conjuntivos sin que mudase la naturaleza de las acciones dando todos los fenómenos descubiertos por *Oersted*; 3.° que se podia reemplazar despues el segundo hilo conjuntivo por otro iman sin que tampoco resultase variacion alguna en la naturaleza de la accion; de que resultaban los fenómenos conocidos de la accion mutua de dos imanes; 4.° que la distribucion del fluido eléctrico en el hilo conjuntivo es la misma que en planos perpendiculares á la línea que une los dos polos de un iman, segun curvas cerradas descritas en estos planos al rededor del eje del iman.

El *Sr. Ampere* establecia asi la identidad de los fluidos eléctrico y magnético mientras el *Sr. Arago* hacia su bello esperimento sobre la magnetizacion de las limaduras de hierro por medio del hilo conjuntivo recto. Despues que estos dos sábios han añadido á los precedentes fenómenos la magnetizacion de una barra de acero por medio de un hilo conjuntivo plegado en aspiral al rededor de esta barra, y que previeron las principales circunstancias de esta magnetizacion, parece que ya no puede uno dispensarse de admitir la identidad de los dos fluidos.

FIN DEL SEGUNDO TOMO.

TABLA

DE LOS CAPÍTULOS Y DE LOS PRINCIPALES ARTÍCULOS CONTENIDOS EN ESTE SEGUNDO TOMO.

LIBRO III.

CONTINUACION DE LA CUARTA PARTE.

LIBRO IV.

Del calórico.

LIBRO V.

De la porosidad, de la compresibilidad, y de la elasticidad.

LIBRO VI.

Del aire atmosférico.

PARTE PRIMERA.

LIBRO VI.

PARTE SEGUNDA.

LIBRO VII.

PARTE PRIMERA.

Del agua considerada en sus diferentes estados de agregacion.

LIBRO VII.

PARTE SEGUNDA.

LIBRO VIII.

De los ácidos.

LIBRO IX.

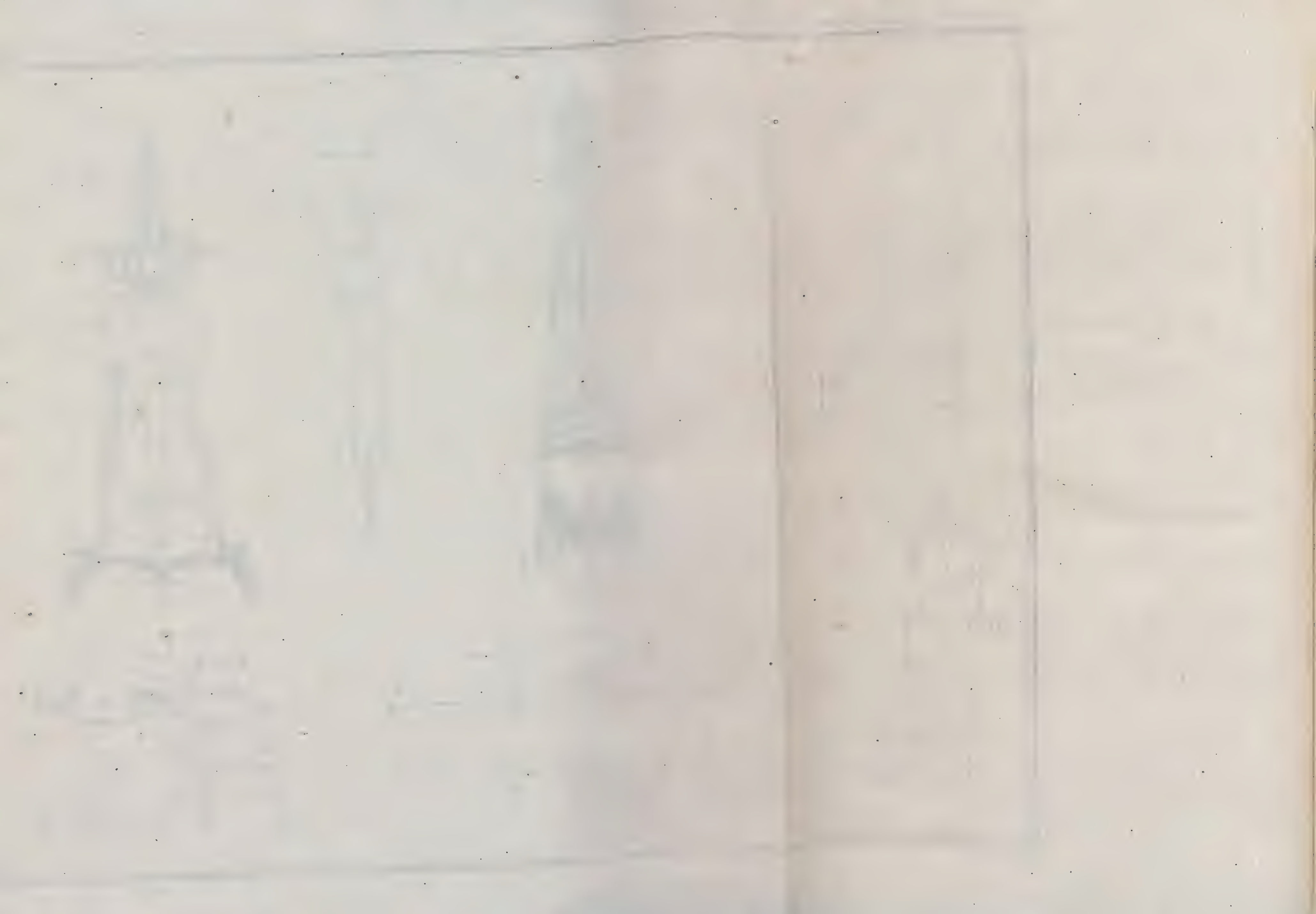
De los fenómenos de la combustion, de la respiracion, del calor animal, de la vejetacion y de la fermentacion.

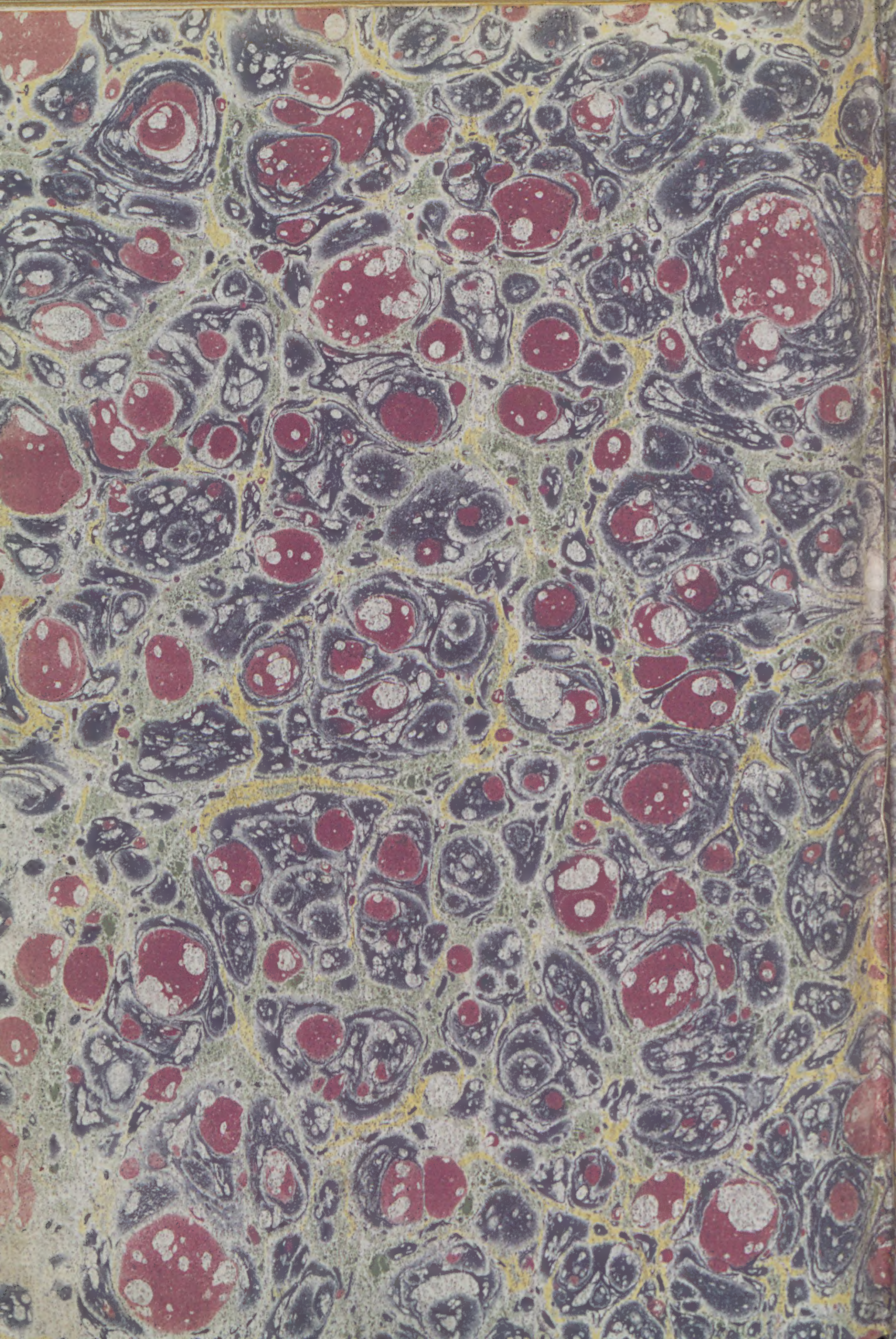
LIBRO X.

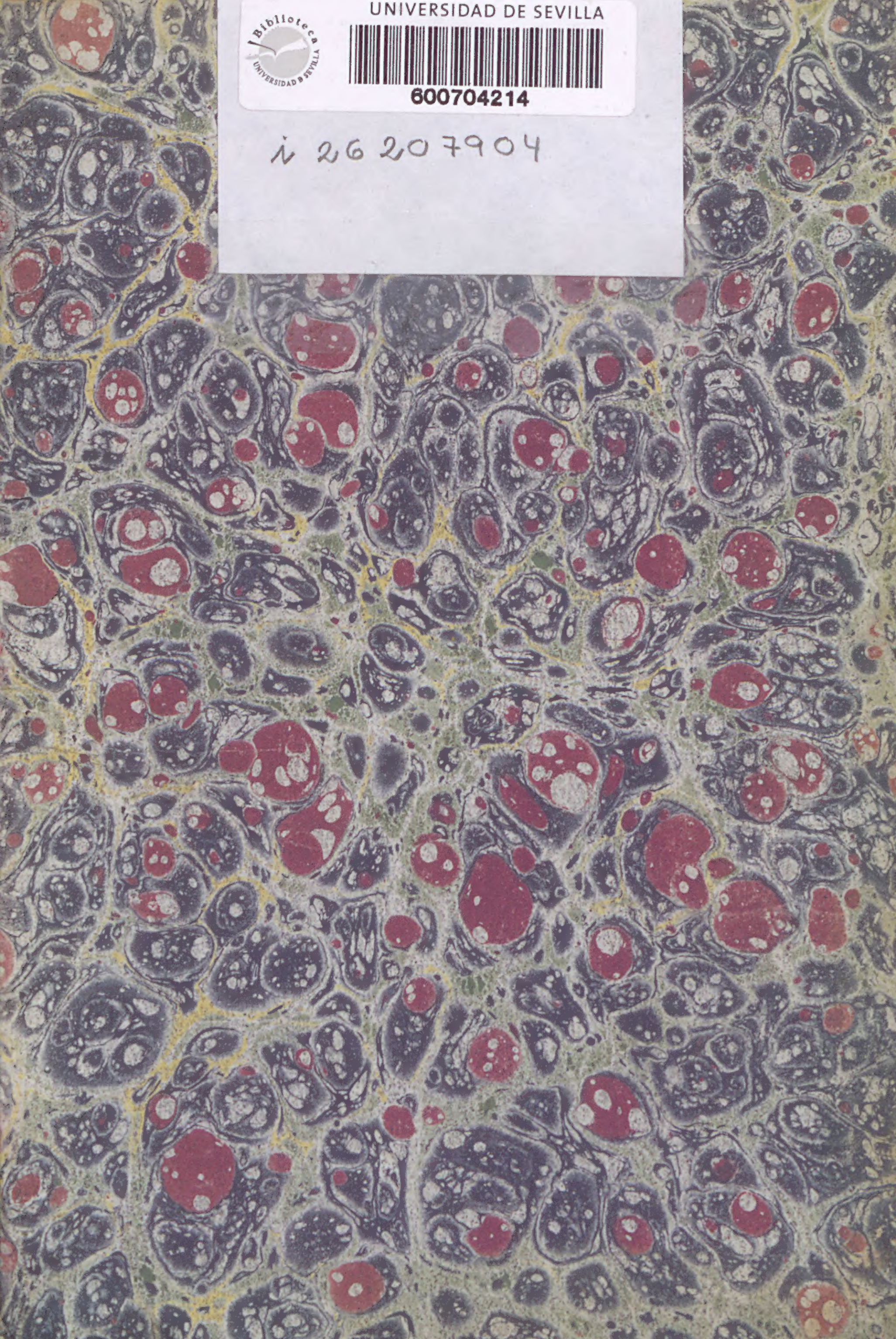
De los álcalis y de las tierras.














colorchecker CLASSIC
calibrite
mm